

Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der
Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier

Manographie bei Patienten mit Morbus Dupuytren vor und nach partieller Fasziektomie



Inauguraldissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Rostock

vorgelegt von

Angelina Garkisch

geboren am 13.06.1994 in Perleberg

Rostock 2020

Dekan: Prof. Dr. med. univ. Emil C. Reisinger

Gutachter

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier
2. Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Dagmar-Christiane Fischer
3. Gutachter: Prof. Dr. med. Roland Biber

Datum der Einreichung: 28.01.2020

Datum der Verteidigung: 11.08.2020

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Überblick Morbus Dupuytren	5
1.1.1	Epidemiologie	5
1.1.2	Ätiologie	6
1.1.3	Klinik	7
1.1.4	Stadieneinteilung nach Tubiana	8
1.1.5	Therapie	8
1.2	Handkraftmessung	9
1.2.1	Funktion der Handkraftmessung	9
1.2.2	Goldstandard der Handkraftmessung	10
1.2.3	Grenzen des Jamar® Dynamometers	10
1.3	Studienziel	11
2	Material und Methoden	12
2.1	Studiendesign	12
2.2	Patientenrekrutierung	12
2.3	Probanden	12
2.4	Operationstechnik	13
2.5	Messgeräte	13
2.5.1	Jamar® Dynamometer	13
2.5.2	Manugraphie®	15
2.5.2.1	Manugraphie® System	15
2.5.2.2	Manugraphie® Software	16
2.5.2.3	Versuchsablauf	17
2.6	DASH-Bogen	18
2.7	Neutral-Null-Methode	19

2.8	Untersuchungsbögen	20
2.9	Statistik	21
3	Ergebnisse	22
3.1	Epidemiologie	22
3.2	Vergleich von Maximalkraft sowie Lastverteilung der Hände im Seitenvergleich	23
3.2.1	Manugraphie® System	23
3.2.1.1	Präoperativ	23
3.2.1.2	Drei Monate postoperativ	25
3.2.1.3	Sechs Monate postoperativ	26
3.2.2	Jamar® Dynamometer	28
3.2.2.1	Präoperativ	28
3.2.2.2	Drei Monate postoperativ	28
3.2.2.3	Sechs Monate postoperativ	29
3.3	Kraftwiedergewinnung und Lastverteilung der operierten Hand im zeitlichen Verlauf	29
3.3.1	Manugraphie® System präoperativ und drei Monate postoperativ	29
3.3.2	Manugraphie® System präoperativ und sechs Monate postoperativ	30
3.3.3	Manugraphie® System zeitlicher Verlauf der Kraftwiedergewinnung	32
3.3.4	Jamar® Dynamometer präoperativ und drei Monate postoperativ	33
3.3.5	Jamar® Dynamometer präoperativ und sechs Monate postoperativ	34
3.3.6	Jamar® Dynamometer zeitlicher Verlauf der Kraftwiedergewinnung	34
3.4	Bewegungsausmaß der operierten Hand	35
3.4.1	Neutral-Null-Methode	35
3.4.1.1	Vergleich präoperativ und drei Monate postoperativ	35
3.4.1.2	Vergleich präoperativ und sechs Monate postoperativ	35
3.4.2	Faustschluss	36
3.4.2.1	Vergleich präoperativ und drei Monate postoperativ	36
3.4.2.2	Vergleich präoperativ und sechs Monate postoperativ	36

3.5	Sekundäre Untersuchungsparameter	37
3.5.1	DASH-Bogen	37
3.5.2	Schmerzniveau	37
3.5.3	Analgetikagebrauch	38
3.5.4	Kälteempfindlichkeit	38
3.5.5	Sensibilität	38
3.6	Korrelationen	39
3.6.1	Zusammenhang zwischen Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer	39
3.6.2	Zusammenhang zwischen den Maximalkräften der operierten Hand erhoben mittels Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und funktionellem Status (DASH-Score)	40
3.6.3	Zusammenhang zwischen Faustschlussstörung und den Maximalkräften der operierten Hand erhoben mittels Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer	42
3.6.4	Zusammenhang zwischen postoperativer Sensibilität und DASH-Score..	45
3.6.5	Zusammenhang zwischen postoperativer Sensibilität und Maximalkraft der operierten Hand	46
4	Diskussion	47
4.1	Epidemiologie	47
4.2	Maximalkräfte und Lastverteilung im Seitenvergleich	47
4.2.1	Manugraphie® System	47
4.2.2	Jamar® Dynamometer	52
4.3	Kraftwiedergewinnung und Betrachtung der Lastverteilung im zeitlichen Verlauf	52
4.3.1	Manugraphie® System	52
4.3.2	Jamar® Dynamometer	55
4.4	Bewegungsausmaß	55
4.5	Sekundäre Untersuchungsparameter	57

4.6	Korrelationen	59
4.6.1	Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer	59
4.6.2	Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und DASH-Score	61
4.6.3	Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und Faustschlussstörung	62
5	Zusammenfassung	63
6	Limitation und Ausblick	66
7	Thesen	67
8	Literaturverzeichnis	69
9	Anhang	76
9.1	Abbildungsverzeichnis	76
9.2	Tabellenverzeichnis	77
9.3	Abkürzungsverzeichnis	80
9.4	Einwilligungserklärung	81
9.5	Patienteninformation	83
9.6	DASH-Bogen	86
9.7	Messblatt Finger	88
9.8	Untersuchungsbogen 1	89
9.9	Untersuchungsbogen 2	90
9.10	Untersuchungsbogen 3	91
10	Eidesstattliche Erklärung	92
11	Lebenslauf	93
12	Danksagung	95

1 Einleitung

1.1 Überblick Morbus Dupuytren

Beim Morbus Dupuytren handelt es sich um eine meist irreversible, fortschreitende und durch Myofibroblasten getriggerte fibroproliferative Erkrankung der Palmaraponeurose, in deren Verlauf es zu einer Flexionskontraktur der betroffenen Finger kommen kann (Hindocha et al., 2009; Auld & Werntz, 2017).

Die Palmaraponeurose ist ein fibröses, kollagenes Bindegewebe unterhalb der Dermis mit Fasern, die sowohl in die Haut reichen als auch tief in die Hohlhand ziehen und somit die Hand beim Greifen fixieren. Nach distal verzweigt sich die Palmaraponeurose in prätendinöse Bänder, welche die Beugesehnen überziehen. Zahlreiche Risikofaktoren werden mit dem Auftreten dieser Erkrankung in Zusammenhang gebracht. (Auld & Werntz, 2017)

1.1.1 Epidemiologie

Der Morbus Dupuytren ist eine weltweit auftretende primär familiäre, autosomal dominante Erbkrankheit mit variabler Penetranz (Henry, 2014). Etwa 1-2 % der Bevölkerung sind betroffen (Flatt, 2001).

Jedoch ist das geographische Auftreten der Erkrankung äußerst variabel. Studien zeigen, dass das höchste Vorkommen bei kaukasischen Nordeuropäern mit einer Prävalenz von bis zu 30 % der über 60-Jährigen in der norwegischen Bevölkerung besteht. Im Gegensatz dazu beträgt die Prävalenz bei den männlichen Engländern nur 4 %. Ob sich diese geographische Variabilität genetisch, umweltbedingt oder durch die Kombination aus beidem begründet, ist jedoch unklar. (Hindocha et al., 2009)

Die meisten Menschen erkranken im 5. bis 7. Lebensjahrzent (Flatt, 2001). Außerdem steigt die Prävalenz mit zunehmendem Alter an. So beträgt sie 12 % bei den 55-Jährigen und 29 % bei den 75-Jährigen, wobei Männer mit einem Verhältnis von 5,9 zu 1 deutlich häufiger als Frauen betroffen sind und bei Frauen mit einem Ausbruch der Erkrankung erst 15 Jahre später zu rechnen ist als bei Männern (Hindocha et al., 2009; Lanting et al., 2014; Hahn, 2017).

1.1.2 Ätiologie

Trotz vielfältiger Studien sind die genauen Ursachen des Morbus Dupuytren noch immer weitgehend unbekannt und umstritten (Auld & Werntz, 2017; Broekstra et al., 2018). Auf der einen Seite spielen genetische Faktoren eine große Rolle, wie Hindocha in einer Studie beweist. Dabei zeigt sich bei einer positiven Familienanamnese sowohl ein signifikant früherer Ausbruch der Erkrankung, als auch ein signifikant höherer Schweregrad (Hindocha et al., 2006). Zwar steigern genetische Einflüsse die Prädisposition, am Morbus Dupuytren zu erkranken, jedoch sind sie nicht allein für das Auftreten und den Schweregrad verantwortlich (Hahn, 2017).

Von zahlreichen exogenen Faktoren wird vermutet, dass sie einen Einfluss auf Entstehung, Verlauf und Schwere der Erkrankung haben, wobei sich die Literatur an vielen Stellen uneinig ist (Hahn, 2017). Während Loos et al. keine signifikante Korrelation feststellen konnten, konnten Descatha et al. in einer großen Kohortenstudie einen signifikanten Zusammenhang zwischen starkem Alkoholkonsum und dem Auftreten einer Dupuytrenkontraktur darstellen (Loos et al., 2006; Descatha et al., 2014).

Auch der Einfluss des Rauchens auf die Erkrankung ist umstritten (Eckerdal et al., 2014). Während Descatha et al. keine Verbindung zwischen der Dupuytren-Erkrankung und Nikotinkonsum erfassen konnten, erkannten Eckerdal et al., dass Raucher früher erkrankten und dabei einen höheren Schweregrad und größere Funktionseinschränkungen aufwiesen als Nichtraucher (Descatha et al., 2014; Eckerdal et al., 2014).

Ein starker Zusammenhang konnte zwischen Morbus Dupuytren und Diabetes mellitus in einem aktuellen systematischen Review und einer Meta-Analyse mit über 1200 Studien bewiesen werden, wobei die durchschnittliche Prävalenz des Dupuytren bei 31 % aller Patienten mit Diabetes mellitus lag (Broekstra et al., 2018). Dabei war der Zusammenhang zwischen der Dupuytrenschen Kontraktur und dem Typ I Diabetes stärker als für den Typ II Diabetes, wenn auch nicht statistisch signifikant (Broekstra et al., 2018). Außerdem erkrankten Patienten mit einem Diabetes mellitus früher an der Kontraktur, wobei der Schweregrad nicht höher war als bei Patienten ohne Diabetes mellitus (Eckerdal et al., 2014).

Auch der Zusammenhang zwischen Morbus Dupuytren und Epilepsie und einer

antikonvulsiven Therapie ist umstritten. So konnten Geoghegan et al. in einer Fall-Kontroll-Studie keine Assoziation zwischen diesen Entitäten herstellen, während in einer Meta-Analyse von Broekstra et al. gezeigt werden konnte, dass beide Krankheiten miteinander assoziiert sind (Geoghegan et al., 2004; Broekstra et al., 2018).

Des Weiteren zeigen Studien, dass eine Exposition gegenüber Vibration im Bereich der Hand das Risiko erhöht, am Morbus Dupuytren zu erkranken (Palmer et al., 2014).

1.1.3 Klinik

Beim Morbus Dupuytren handelt es sich um eine meist schmerzlose, schleichende Erkrankung. Er beginnt typischerweise an einer Hand, wobei es sich bei dieser nicht um die dominante Hand handeln muss, und befällt im Verlauf oft die Gegenseite. (Flatt, 2001)

Bevorzugt tritt die Erkrankung an den beiden ulnaren Strahlen auf. Eines der ersten Anzeichen sind grubchenähnliche Veränderungen der Haut. Sie entstehen durch eine Verkürzung der longitudinalen Fasern der Palmaraponeurose, welche in die Dermis reichen. (Shaw et al., 2007)

In seinem Anfangsstadium präsentiert sich der Morbus Dupuytren als knotige Struktur meist im Bereich der Handfläche proximal der Metacarpophalangealgelenke (Trojian & Chu, 2007). Im Verlauf organisieren sich die Knoten zu Strängen, die sich nach distal ausbreiten und in der Folge eine Kontraktur bedingen (Shaw et al., 2007).

Ein weiterer typischer klinischer Befund sind die sogenannten Knuckle Pads, bei denen es sich um eine gutartige Fibromatose handelt, die als ektope Läsion des Morbus Dupuytren betrachtet wird (Nenoff & Woitek, 2011; Knobloch 2012). Sie treten in Form von subkutanen, schmerzlosen, verschieblichen Knötchen vorrangig dorsalseitig über den proximalen Interphalangealgelenken sowie Metacarpophalangealgelenken auf (De Keersmaecker & Vanhoenacker, 2016).

1.1.4 Stadieneinteilung nach Tubiana

Es gibt zahlreiche Klassifikationen, nach denen der Schweregrad des Morbus Dupuytren eingeteilt werden kann (Ball et al., 2016). Eine häufig verwendete Klassifikation ist die Stadieneinteilung nach Tubiana et al., die eine objektive Einschätzung des Schweregrades erlaubt und eine Evaluierung der Prognose und des chirurgischen Ergebnisses ermöglicht (Tubiana et al., 1968).

Tubiana teilt die Hand in fünf Segmente, jeweils bestehend aus einem Finger und dem dazugehörigen Anteil der Hohlhand, wobei jedem Segment entsprechend des Stadiums der Krankheit eine Zahl zugeordnet wird und jeder Strahl einzeln betrachtet wird. Das Stadium wird ermittelt, indem man die Beugekontrakturen der einzelnen Gelenke jedes Fingers in Grad, beginnend beim Daumen, (Metacarpophalangealgelenk, proximales Interphalangealgelenk, distales Interphalangealgelenk; beim Daumen entsprechend Metacarpophalangealgelenk und Interphalangealgelenk) addiert. (Tubiana, 1986)

Die Einteilung der Stadien entsprechend dem Grad der Flexionskontraktur ist der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 1).

0	Keine Kontraktur
I	Flexionskontraktur zwischen 0° bis 45°
II	Flexionskontraktur zwischen 45° bis 90°
III	Flexionskontraktur zwischen 90° bis 135°
IV	Flexionskontraktur über 135°

(Tabelle1) Stadieneinteilung nach Tubiana

1.1.5 Therapie

Trotz intensiver Versuche, die Pathophysiologie des Morbus Dupuytren zu erforschen, gibt es noch immer weder eine Methode zur Heilung, noch einen einheitlichen Konsens für die optimale Therapie (Soreide et al., 2018). Es gibt zahlreiche Möglichkeiten der Therapie, welche über minimalinvasive Verfahren wie der perkutanen Nadelfasziotomie oder der Injektion einer Kollagenase bis hin zu umfangreichen chirurgischen Maßnahmen wie der Fasziektomie reichen (Haase & Chung, 2018).

Bei der perkutanen Nadelfasziotomie wird das veränderte Faszien­gewebe mit Hilfe einer kleinkalib­rigen Nadel perkutan gespalten, was zu einer Reduktion des Streckdefizites führt, während pathologisch verändertes Gewebe nicht entfernt wird (Eaton, 2014; Henry, 2014). In fortgeschrittenen Stadien findet die perkutane Nadelfasziotomie jedoch keine Anwendung (Reichert & Baringer, 2018).

Bei der in Deutschland äußerst selten durchgeführten Kollagenase-Injektion wird eine Lösung direkt in einen Dupuytrenstrang injiziert, woraufhin die enthaltenen Enzyme das Kollagen zersetzen, sodass der Strang durch externe Manipulation gebrochen werden kann und der betroffene Strahl wieder besser streckbar ist (Eaton, 2014; Reichert & Baringer, 2018).

Die durch deutsche Handchirurgen mit Abstand am häufigsten durchgeführte Therapie ist die partielle Faszi­ektomie mit 87,7 % (Reichert & Baringer, 2018). Dabei wird das makroskopisch befallene Gewebe der Palmarfaszie mit dem Ziel entfernt, das pathologische Gewebe vollständig zu reseze­ren, die Beugekontraktur so weit wie möglich zu korrigieren sowie die Funktionsfähigkeit der Hand wiederherzustellen und Rezidive zu vermeiden (Henry, 2014; Vesper et al., 2017). Die Indikation zur partiellen Faszi­ektomie besteht ab einer Beugekontraktur von über 30° in den Metacarpophalangealgelenken und zusätzlichen Kontrakturen in den Interphalangealgelenken (Vesper et al., 2017).

1.2 Handkraftmessung

1.2.1 Funktion der Handkraftmessung

Die Messung der Handkraft ist die einfachste und schnellste Form, die Muskelkraft zu evaluieren. Es wird davon ausgegangen, dass die Handkraft die generelle Kraft der Muskulatur widerspiegelt und klinischen sowie prognostischen Wert besitzt. (Bohannon, 2015)

Die Handkraft kann eine Vorhersage bezüglich postoperativer Komplikationen, Mortalität und Funktionsverlust geben (Bohannon, 2001). Eine geringe Handkraft prognostiziert weiterhin die Neigung zu Stürzen und Behinderung sowie zu einer

eingeschränkten Lebensqualität (Syddall et al., 2009; Roberts et al., 2011). Außerdem deuten Studien darauf hin, dass eine geringe Handkraft mit einem signifikant verlängerten Klinikaufenthalt einhergeht, da sie einen guten Vorhersagewert bezüglich Funktionalität und Ernährungszustand liefert (Kerr et al., 2006). Weiterhin bietet die Erfassung der Handkraft die Möglichkeit, den Zustand eines Patienten nach einer Verletzung zu erfassen sowie die Ergebnisse chirurgischer Interventionen und anderweitiger Behandlungen der Hand und der oberen Extremität zu detektieren (Hamilton et al., 1992).

1.2.2 Goldstandard der Handkraftmessung

Im Jahre 1954 stellte Bechtol das Jamar Hand Dynamometer vor, ein hydraulisches System mit verstellbaren Griffen, welches eine gute Evaluierung von Verletzungen der Hand ermöglichen und die Maximalkraft großer als auch kleiner Hände korrekt aufzeichnen sollte (Bechtol 1954). Durch einen luftdichten, hydraulischen Mechanismus wird das Ablesen der Handkraft in Kilogramm und Pfund an einer Skala ermöglicht (Roberts et al., 2011). Bei einer äußerst hohen Reliabilität ($r=0,9998$) und Validität bildet das Jamar® Dynamometer heute den Goldstandard zur Messung der Handkraft, weshalb es auch in dieser Studie das vergleichende Messgerät darstellt (Mathiowetz 2002; Roberts et al., 2011).

1.2.3 Grenzen des Jamar® Dynamometers

Trotz seiner Beliebtheit hat das Jamar® Dynamometer jedoch seine Limitationen, da es zwar die Maximalkraft der gesamten Hand erfassen kann, nicht jedoch die Kräfte einzelner Finger oder gar Fingerglieder. Somit kann durch das Jamar® Dynamometer keine Aussage über die Lastverteilung einzelner Areale der Hand getroffen werden, sondern lediglich über die Gesamtkraft. Viele Pathologien betreffen jedoch nicht die gesamte Hand, sondern spezifische Areale (Cai et al., 2018). So sind im Falle unserer Studie primär der vierte und fünfte Strahl beim Morbus Dupuytren betroffen (Flatt, 2001). Da der Verlust der Handkraft ein entscheidender Faktor bei der Manifestation einer dauerhaften Beeinträchtigung ist, ist ein Messgerät notwendig, das neben der Gesamtkraft auch die Lastverteilung einer Hand erfassen kann, um eine umfassende

klinische Einschätzung der Funktion der Hand zu liefern (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Diese Möglichkeit bietet das Manugraphie® System der Firma *novel* aus München, welches neben der Gesamtkraft durch seine mit einer Sensormatte umkleidete, zylindrische Form auch eine Erhebung der Lastverteilung ermöglicht (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Auf diese Weise kann ermittelt werden, welchen Anteil Daumen, Langfinger sowie Handfläche an der Gesamtkraft haben.

1.3 Studienziel

In der folgenden Arbeit wird zum einen die Handkraft und die Kraft der einzelnen anatomischen Regionen der Hand sowie die prozentuale Lastverteilung im Seitenvergleich betrachtet. Weiterhin wird der zeitliche Verlauf der Kraftwiedergewinnung über sechs Monate nach erfolgter partieller Fasziektomie bei neunzehn an Morbus Dupuytren erkrankten Patienten mit Hilfe des herkömmlichen Jamar® Dynamometers und des neueren Manugraphie® Systems der Firma *novel* aus München dargestellt. Zum anderen soll untersucht werden, ob es durch die Operation zu einer Veränderung der Lastübertragungsverteilung im Vergleich zum präoperativen Zustand kommt. Da bisher keine Normwerte für die mittels Manugraphie® System erhobenen Kräfte etabliert wurden und der Vergleich von betroffener Hand und der Gegenseite von größerer Relevanz ist, haben auch wir in unserer Studie die erhobenen Kräfte mit denen der nicht operierten Hand verglichen (Wichelhaus et al., 2018). Außerdem wird in dieser Studie gezeigt, ob das Manugraphie® System differenziertere Ergebnisse über einzelne Areale der Hand liefert als das herkömmliche Jamar® Dynamometer.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Es handelt sich um eine prospektive klinische Studie, in die konsekutiv am Morbus Dupuytren erkrankte Patienten eingeschlossen wurden. Sowohl vor als auch drei und sechs Monate nach erfolgter partieller Fasziektomie wurden die Patienten einbestellt, um eine Handkraftmessung beider Hände mit dem Jamar® Dynamometer und dem neuen Manugraphie® System der Firma *novel* aus München durchzuführen. Die Untersuchung bestand aus je drei Messdurchgängen für jede Hand mit beiden Geräten. Außerdem wurden zu jedem Termin die Bewegungsausmaße aller Finger nach der Neutral-Null-Methode bestimmt, ein DASH-Bogen von den Patienten ausgefüllt und ein Untersuchungsbogen durch den Untersucher vervollständigt. Die Studie mit der Registrierungsnummer A 2016-0009 wurde durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock genehmigt.

2.2 Patientenrekrutierung

Im Zeitraum vom 24.10.2016 bis 07.12.2018 wurden neunzehn am Morbus Dupuytren erkrankte Patienten in der Abteilung für Unfall-, Hand-, und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsmedizin Rostock rekrutiert.

Vor der ersten Messung erhielten alle Patienten eine Patienteninformation und wurden zusätzlich mündlich über den Hintergrund und Zweck der Studie aufgeklärt. Außerdem unterzeichneten alle Patienten eine Einwilligungserklärung.

2.3 Probanden

In die Studie wurden neunzehn konsekutive Patienten eingeschlossen, welche an einer funktionell beeinträchtigenden Kontraktur der Hand durch Morbus Dupuytren erkrankt waren. Dabei wurden sowohl Patienten mit einer Erstdiagnose als auch Rezidivfälle rekrutiert. Untersucht wurden fünfzehn Männer und vier Frauen mit einem Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt von 61,47 Jahren.

2.4 Operationstechnik

Bei allen Studienpatienten wurde die offen chirurgische Behandlung mittels partieller Fasziektomie angewandt. Nach Einzeichnen der Bruner-Inzisionslinien im Bereich des betroffenen Stranges und Eröffnen der Haut, erfolgte in Blutleere die Darstellung des pathologischen Gewebes (Bruner, 1967). Nach Auslösen der Gefäß-Nerven-Bündel folgte die partielle Resektion der durch Morbus Dupuytren pathologisch veränderten Palmaraponeurose (Vesper et al., 2017).

Der Wundverschluss im Bereich des geraden Inzisionsanteils der Hohlhand wurde mittels einer Z-Plastik durchgeführt, welche im Gegensatz zum direkten Verschluss einen Längengewinn mit sich bringt und somit in einer Verminderung der Spannung im Wund- und Narbenbereich resultiert. Diese Reduzierung der Spannung führt nach Citron und Hearnden zu einer signifikant geringeren Rezidivrate. (Citron & Hearnden, 2003)

2.5 Messgeräte

2.5.1 Jamar® Dynamometer

Das Jamar® Dynamometer ist die herkömmliche und eine weit verbreitete Methode zur Bestimmung der Handkraft (Abb. 1, 2). Die zwei Griffe des Dynamometers werden durch die Finger sowie Handballen und Daumen gegeneinandergedrückt, wodurch sich die Gesamtkraft ergibt, welche auf der Anzeige in Pfund und Kilogramm abgelesen werden kann. (Mühldorfer-Fodor et al., 2014)

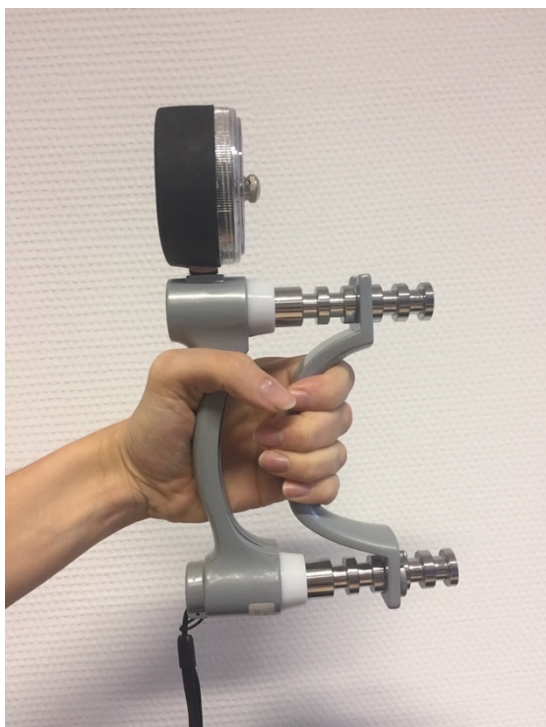
Es gibt insgesamt fünf einstellbare Griffpositionen. Da laut einer Studie die höchsten Handkräfte in der zweiten und dritten Griffposition erreicht werden, entschieden wir uns für eine einheitliche Einstellung in der dritten Position bei allen Patienten (Mathiowetz et al., 1984). Außerdem hat sich eine einheitliche Griffposition für alle teilnehmenden Studienpatienten bewährt, da so die Vergleichbarkeit erhöht wird (Trampisch et al., 2012).

Mithilfe des Jamar® Dynamometers (Sammons Preston, Bolingbrook, IL) wurde zu allen drei Untersuchungszeitpunkten die Gesamtkraft sowohl der linken als auch der rechten Hand ermittelt. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Manugraphie® System,

welches die Daten in Newton angibt, wurden auch die Ergebnisse des Jamar® Dynamometers entsprechend der Formel Gewichtskraft ist gleich Masse multipliziert mit der Fallbeschleunigung ($F = m \times g$) in Newton umgerechnet.

Entsprechend der „American Society of Hand Therapists“ (ASHT) wurde eine standardisierte Position gewählt: sitzend mit adduziertem Oberarm, 90° flektiertem Ellenbogen und Unterarm und Handgelenk in Neutral-Null-Position (Mathiowetz et al., 1984).

Die Patienten erhielten die Anweisung, das Dynamometer mit maximaler Kraft zu drücken. Dies führten sie mit jeder Hand drei Mal durch, da durch den Mittelwert aller drei Messwerte einer Hand exaktere Ergebnisse erreicht werden können, als durch einmaliges Messen oder lediglich Verwerten des höchsten der drei Werte (Mathiowetz et al., 1984). Nach jedem Einzelversuch gab es eine zehn Sekunden dauernde Erholungspause für die Patienten, in der die Anzeige des Jamar® Dynamometers wieder auf Null zurückgesetzt wurde. Die Ergebnisse wurden in Kilogramm auf dem Untersuchungsbogen notiert.



(Abbildung 1) Jamar® Dynamometer:
seitliche Ansicht, dritte Griffposition



(Abbildung 2) Jamar® Dynamometer:
frontale Ansicht

2.5.2 Manugraphie®

2.5.2.1 Manugraphie® System

Das Manugraphie® System der Firma *novel* aus München ist ein neues Verfahren zur Messung der Handkraft während des Greifvorganges (Abb. 3). Im Gegensatz zu herkömmlichen Dynamometern ist es ihm mit Hilfe seiner zylindrischen Form und zahlreicher Sensoren möglich, die Kräfte jedes einzelnen Fingers, einzelner Phalangen, des Daumens, des Thenars und des Hypothenars separat voneinander zu detektieren. Es gibt Zylinder in unterschiedlichen Größen. In dieser Studie wurde einheitlich der große Zylinder mit einem Umfang von 200 mm genutzt.

Die Zylinder sind mit speziellen Sensormatten umhüllt mit bis zu 1024 Sensoren. Zwanzig Mal in der Sekunde wird ein Sensor vom Manugraphie® Analyser abgelesen. So ist es möglich, sowohl die momentanen lokalen Drücke als auch die Durchschnittskraft zu ermitteln. Die ermittelten Daten werden in 2D, 3D und Isobaren visualisiert.



(Abbildung 3) Manugraphie® System mit großem (blau) und kleinem (schwarz) Zylinder

Um den Ablauf zu standardisieren, ertönt ein akustisches Signal, welches den Patienten erst auffordert, fest zu drücken, und wieder locker zu lassen. Durch diese objektive Analyse der einzelnen Areale der Hand ist es dem Untersucher möglich, die Handfunktion des Patienten differenziert vor und nach einer Operation zu beurteilen.

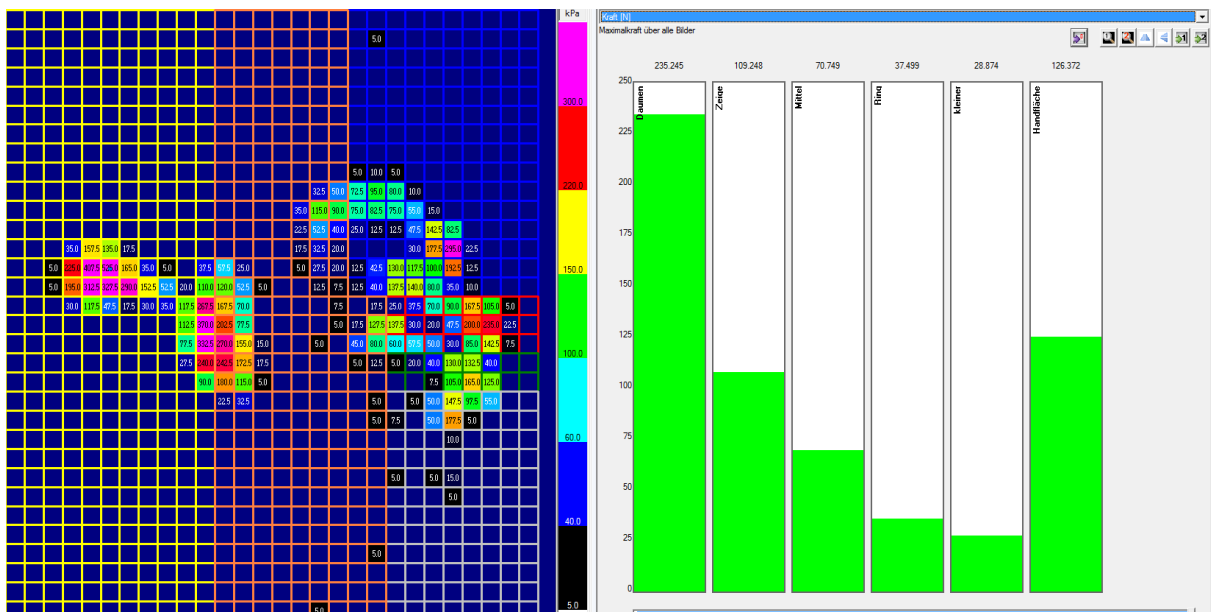
Von Bedeutung ist dabei vor allem der jeweilige Beitrag der einzelnen Areale.

Eine Kamera, welche während des Messvorganges läuft, kann im Nachhinein mögliche Unklarheiten aufzeigen. Beispielsweise kann sie Bewegungen der Finger während des Messvorganges darstellen, aber auch auf Fehler bei der Haltung oder Tragen von Schmuck, was die Messwerte verfälscht, hinweisen. (1)

2.5.2.2 Manographie® Software

In der *novel database* werden die Patientenstammdaten organisiert und die vom Zylinder aufgenommenen Messungen gespeichert.

Das *pliance online* Programm visualisiert die von der Sensormatte erfassten Daten und ermöglicht außerdem eine Kalibrierung dieser. Auf der linken Seite des Bildschirms wird die Druckverteilung dargestellt, wobei der Beitrag jedes einzelnen Sensors farblich im 2D-Modus angezeigt wird. Entsprechend der Kraft spiegelt jede Farbe den Beitrag eines Sensors wider. Balkendiagramme auf der rechten Bildschirmseite stellen je nach Auswahl die Kraft, den Spitzendruck, den mittleren Druck, das Kraft-Zeit-Integral und das Druck-Zeit-Integral dar (Abb. 4). (2)



(Abbildung 4) links: Druckverteilung der rechten Hand, rechts: Maximalkraft über alle Bilder

2.5.2.3 Versuchsablauf

Die Probanden wurden gebeten, eventuell vorhandene Fingerringe abzulegen, um eine Verfälschung der Messwerte zu vermeiden. Dann wurden sie auf einen Stuhl gesetzt, welcher so platziert war, dass sie auf eine weiße Wand sahen und somit nicht von dem Bildschirm beeinflusst werden konnten. Begonnen wurde stets mit der linken Hand. Die Hände wurden vom Untersucher richtig positioniert, sodass Fingerglieder, Daumen und Handfläche den entsprechenden Bereichen der Sensormatrix zugeordnet waren (Abb. 6). Falls nötig, wurde die Mattenkonfiguration im *pliance online* Programm angepasst. Die Probanden nahmen auf dem Stuhl eine gerade Haltung ein und hielten den jeweiligen Arm adduziert und in einem 90°-Winkel im Ellenbogengelenk (Abb. 5). Um einen standardisierten Ablauf zu gewährleisten, wurde eine Audiodatei abgespielt, welche den Probanden die entsprechenden Instruktionen gab. Durch diese automatisierte Ansage sollten mögliche Beeinflussungen des Untersuchers, beispielsweise durch Anweisungen, die er mit mehr oder weniger Enthusiasmus und Nachdruck ausspricht, minimiert werden. Die Aufforderung „Bitte fest drücken!“ gab dem Probanden das Startsignal, den Zylinder mit maximaler Kraft zu drücken. Nach fünf Sekunden ertönte die Anweisung „Bitte locker lassen!“, woraufhin der Proband sich für weitere zehn Sekunden erholen konnte. Dieselben Anweisungen ertönten ein zweites und ein drittes Mal. Danach wurde die Hand gewechselt und das Prozedere in gleicher Weise mit der anderen Hand wiederholt. Während der ersten Sekunden jedes Messvorganges nahm eine auf die Hand ausgerichtete Kamera den Vorgang auf, um auch im Nachhinein auftretende Unstimmigkeiten festzuhalten und die Handstellung beurteilen zu können.



(Abbildungen 5 und 6) links: Versuchsaufbau; Patient beim zweiten postoperativen Termin, Messung der Handkraft der rechten Hand mit dem großen Zylinder, rechts: korrekte Position der Hand

2.6 DASH-Bogen

Bei jeder Untersuchung sowohl präoperativ, als auch drei und sechs Monate nach partieller Fasziektomie, wurde durch jeden Patienten vor der Messung ein DASH-Bogen ausgefüllt. Bei dem DASH-Bogen (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) handelt es sich um einen standardisierten Fragebogen, der bei funktionellen Beeinträchtigungen der oberen Extremität zum Einsatz kommt. Das Ziel ist es dabei, Symptome und den funktionellen Status zu detektieren, wobei der Fokus auf der körperlichen Funktion liegt (Hudak et al., 1996). Der Fragebogen misst die subjektive Beeinträchtigung des Patienten und berücksichtigt dabei auch Einschränkungen bei Aktivitäten und gesellschaftlicher Teilhabe. Insgesamt besteht der DASH-Bogen aus dreißig Fragen, die den Gesundheitsstatus des Patienten während der vergangenen Woche erfassen. Die ersten einundzwanzig Fragen zielen auf den Schwierigkeitsgrad beim Ausführen verschiedener Tätigkeiten aufgrund von Problemen im Schulter-, Arm- oder Handbereich ab. Fünf Fragen erfassen die Stärke der Symptome Schmerz,

aktivitätsbezogener Schmerz, Kribbeln, Schwäche und Steifheit. Vier weitere Punkte beschäftigen sich mit Beeinträchtigungen bei sozialen Aktivitäten, bei der Arbeit, beim Schlafen und dem Selbstvertrauen (Williams, 2014). Die Antwortmöglichkeiten variieren dabei von 1 bis 5 (1: keine Schwierigkeiten bis hin zu 5: Unmöglichkeit des Ausführens einer Tätigkeit). Durch Addition der Antwortpunkte erhält man einen Rohwert, welcher mit Hilfe des DASH-Auswertungsalgorithmus den DASH-Score ergibt (Germann et al., 2003):

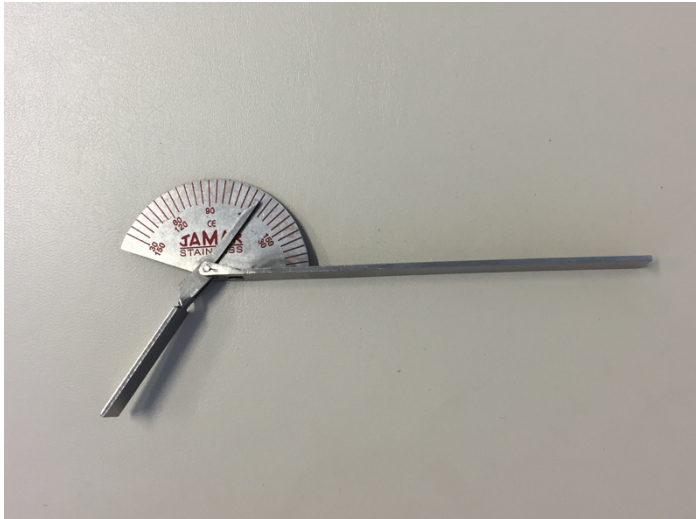
$$\frac{\text{Rohwert} - \text{niedrigst möglicher Rohwert}}{\text{mögliche Spanne des Rohwerts}/100} = \text{DASH} - \text{Score}$$

Daraus errechnen sich Punktzahlen von 0 bis 100. Ein hoher DASH-Score entspricht dabei einer schweren Beeinträchtigung (Jester et al., 2005a).

2.7 Neutral-Null-Methode

Neben dem DASH-Bogen wurde zu allen drei Untersuchungszeitpunkten das Bewegungsausmaß der Finger mittels der Neutral-Null-Methode erfasst. Mit Hilfe eines Goniometers wurde durch den Untersucher das Bewegungsausmaß aller Fingergelenke beider Hände bestimmt. Das Bewegungsausmaß bezieht sich dabei auf die maximale Extension, die Neutralstellung und die maximale Flexion eines Gelenkes. Die Erfassung des Bewegungsausmaßes schafft eine Grundlage, um die funktionelle Beeinträchtigung zu ermitteln, den Erfolg einer Operation zu erfassen und den Fortschritt einer Rehabilitation zu evaluieren. (Gutiérrez-Martínez et al., 2014)

Zusätzlich wurden auf dem Untersuchungsbogen die Abstände der Langfingerkuppen von der Hohlhandbeugefalte in Zentimetern ermittelt, um mögliche Faustschlussstörungen zu erfassen.



(Abbildung 7) Goniometer

2.8 Untersuchungsbögen

Zusätzlich wurde zu jedem der drei Termine ein Untersuchungsbogen ausgefüllt (Untersuchungsbogen Dupuytren präoperativ, Untersuchungsbogen Dupuytren 3 Monate postoperativ, Untersuchungsbogen Dupuytren 6 Monate postoperativ). Diese beinhalteten Angaben zum Namen des Patienten, Geschlecht, Geburtsdatum, Beruf und Anzahl der betroffenen Strahlen. Zusätzlich wurden die Patienten aufgefordert, anhand einer auf jedem Untersuchungsbogen abgebildeten numerischen Rating-Skala, beginnend bei 0 (kein Schmerz) bis 10 (stärkste vorstellbare Schmerzen), ihr Schmerzniveau anzugeben. Zu jedem Zeitpunkt wurde außerdem der Schmerzmittelbedarf erfragt. Des Weiteren wurden auf den Untersuchungsbögen die Ergebnisse der Messungen mittels Jamar® Dynamometer in Kilogramm notiert, jeweils drei Messdurchgänge für die linke Hand und drei für die rechte Hand. Zusätzlich wurden beim zweiten und dritten Untersuchungstermin mögliche Kälteempfindlichkeit und Sensibilitätsstörungen im Bereich der operierten Hand erfragt. Die Sensibilität wurde mit Hilfe eines Wattestäbchens geprüft, welches durch den Untersucher an den radialen und ulnaren Seiten der jeweils operierten Finger entlanggestrichen wurde und die Patienten nach ihrem Empfinden gefragt. Dabei wurde zwischen Hypästhesie, Hyperästhesie und Dysästhesie unterschieden.

2.9 Statistik

Nach einem beratenden Gespräch am Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Universität Rostock erfolgte die statistische Analyse mit Hilfe der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics 25. Vergleiche wurden mittels des nichtparametrischen Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben angestellt. Die Ergebnisse wurden als signifikant anerkannt, sobald das Signifikanzniveau von $\alpha \leq 0,05$ unterschritten wurde ($p \leq 0,05$). Zusammenhänge wurden anhand des Korrelationskoeffizienten nach Pearson ermittelt.

3 Ergebnisse

Von Mai 2016 bis Dezember 2018 wurden insgesamt achtundzwanzig Patienten in die Studie eingeschlossen. Neunzehn von diesen haben alle drei Untersuchungstermine wahrgenommen. Die Ergebnisse dieser neunzehn Studienteilnehmer werden im Folgenden genauer dargestellt.

3.1 Epidemiologie

78,9 % der Studienteilnehmer waren männlich und 21,1 % weiblich. Das entspricht fünfzehn Männern und vier Frauen.

Zum ersten Untersuchungszeitpunkt waren die Teilnehmer zwischen 38 und 79 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug präoperativ 61,47 Jahre, wobei die Männer im Schnitt 61,13 Jahre alt waren und die weiblichen Probanden 62,75 Jahre.

Sechzehn Patienten waren Rechtshänder (84,2 %) und ein Patient war Linkshänder (5,3 %). Zwei der Studienteilnehmer gaben an, beide Hände gleichermaßen zu gebrauchen (10,5 %).

In dreizehn Fällen wurde die linke Hand operiert, was 68,4 % entspricht. An der rechten Hand wurde bei sechs Patienten eine partielle Fasziektomie durchgeführt (31,6 %).

Durchschnittlich wurden 1,53 Strahlen operiert. Dabei wurde bei zwölf Patienten ein Strahl operiert (63,2 %), bei fünf Patienten zwei Strahlen (26,3 %) und nur jeweils ein Patient wurde an drei oder vier Strahlen operiert (5,3 %).

In keinem Fall erstreckte sich die Kontraktur auf den Daumen. Zweimal wurde der Zeigefinger operiert (6,8 %) und viermal der Mittelfinger (13,7 %). Mit Abstand am häufigsten wurde die partielle Fasziektomie im Bereich der Ringfinger bei neun Patienten (31 %) und der Kleinfinger bei vierzehn Patienten (48,3 %) durchgeführt.

3.2 Vergleich von Maximalkraft sowie Lastverteilung der Hände im Seitenvergleich

3.2.1 Manugraphie® System

3.2.1.1 Präoperativ

Zwar ergaben die Maximalkräfte der gesamten Hand präoperativ im Seitenvergleich keine signifikanten Unterschiede, jedoch haben sich in der Gesamtkraft der Hände erhebliche interindividuelle Unterschiede gezeigt. Die Kraftmaxima von Daumen, Ringfingern, Kleinfingern und der Handflächen ergaben im Seitenvergleich keine signifikanten Unterschiede. Die Maximalkraft des Zeigefingers der zu operierenden Seite war präoperativ signifikant höher als die der Gegenseite. Im Gegensatz dazu war die Maximalkraft des Mittelfingers der zu operierenden Hand signifikant geringer.

Insgesamt war erkennbar, dass die Kraftmaxima der gesamten Hand und aller Langfinger, ausgenommen Zeigefinger, der von der Dupuytrenschen Kontraktur befallenen und demzufolge zu operierenden Hand geringer waren als die der Gegenseite. Mittelwerte, Standardabweichungen, minimale und maximale Kraft beider Hände sowie die Signifikanzen sind in der folgenden Tabelle aufgelistet (Tab. 2).

	Zu operierende Hand				Nicht zu operierende Hand				p
	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	
Gesamtkraft	361,98	178,03	82,9	700,3	382,93	138,1	162	661,3	0,212
Dig I	115,12	52,82	27,5	209,5	124,03	47,93	56,9	221,1	0,070
Dig II	59,36	28,85	24,6	124,3	50,75	19,35	22,9	101,9	0,030
Dig III	45,62	20,55	11	82	52,59	21,21	17,2	102,7	0,040
Dig IV	32,91	22,83	0	85,2	35,32	17,13	8,5	74,6	0,131
Dig V	20,75	12,30	0	43,3	24,08	10,97	4	47	0,171
Handfläche	101,98	66,66	12,4	230,6	109,63	47,99	43,7	189,5	0,267

(Tabelle 2) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels Manugraphie® System präoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

Bei der prozentualen Betrachtung der einzelnen Regionen an der Gesamtkraft ist zu erwähnen, dass die Summe der Einzelbereiche meist geringfügig über der Gesamtkraft lag. Dies ist darin begründet, dass für jede Maske eine Kraft-Zeit-Kurve berechnet wurde, woraufhin dann für jede Kurve das Kraftmaximum bestimmt wurde. Da die Maximalkräfte nicht zwingend zum gleichen Zeitpunkt auftraten, führte das zu einer Divergenz zwischen der Maximalkraft der gesamten Hand und der Summe der Einzelkräfte.

Bei Betrachtung des prozentualen Anteils der einzelnen anatomischen Areale an der Gesamtkraft hatten die Daumen beider Hände den größten Anteil, gefolgt von den Handflächen. Im Bereich der zu operierenden Hände folgten mit fallendem Anteil die Zeigefinger, gefolgt von Mittel-, Ring- und Kleinfingern. Auf der Gegenseite hatten die Mittelfinger einen minimal größeren Anteil an der Gesamtkraft als die Zeigefinger, gefolgt von Ring- und Kleinfingern. Dabei unterschieden sich die Anteile im direkten Seitenvergleich nur geringfügig. Mit 3,15 % ergab sich im Bereich der Zeigefinger die größte Differenz. Die prozentuale Lastverteilung beider Hände sowie die Differenz im Seitenvergleich sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 3).

	Zu operierende Hand	Nicht zu operierende Hand	Differenz
Daumen	31,8 %	32,39 %	0,59 %
Zeigefinger	16,4 %	13,25 %	3,15 %
Mittelfinger	12,6 %	13,73 %	1,13 %
Ringfinger	9,76 %	9,22 %	0,56 %
Kleinfinger	5,73 %	6,29 %	0,56 %
Handfläche	28,17 %	28,63 %	0,46 %

(Tabelle 3) Präoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich

3.2.1.2 Drei Monate postoperativ

Drei Monate nach der partiellen Fasziektomie war sowohl die Maximalkraft der gesamten Hand als auch von Daumen, Mittelfinger, Ringfinger, Kleinfinger sowie Handfläche auf der operierten Seite signifikant geringer als auf der Gegenseite. Lediglich die Maximalkraft des Zeigefingers ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen operierter und nicht operierter Hand. Dennoch war ersichtlich, dass drei Monate postoperativ die Maximalkraft aller sechs Sektionen der Hand sowie des gesamten Objektes an der operierten Hand geringer war als an der nicht operierten Seite (Tab. 4).

	Operierte Hand				Nicht operierte Hand				p
	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	
Gesamtkraft	317,34	116,1	131,7	543,6	409,67	142,5	177,2	594,7	0,001
Dig I	98,98	38,86	36,2	171,4	130,54	51,58	46,3	233,2	0,003
Dig II	49,13	18,12	23,4	89,3	74,79	89,32	28,2	437,4	0,099
Dig III	43,33	17,1	18,9	86,1	55,19	22,78	20,8	95,3	0,009
Dig IV	28,11	11,1	11,3	49	37,57	14,78	15,5	65,6	0,004
Dig V	17,64	8,36	0	35,3	23,55	10,68	5,1	46	0,004
Handfläche	92,86	46,61	39,2	170,4	117,09	51,73	29,1	195,8	0,014

(Tabelle 4) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels Manugraphie® System drei Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

Bei der prozentualen Lastverteilung hatten drei Monate postoperativ auf beiden Seiten die Daumen den größten Anteil an der Gesamtkraft, gefolgt von Handfläche, Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger. Im Seitenvergleich unterschieden sich die Anteile weiterhin nur geringfügig. Die größte Differenz war dabei wieder im Bereich der Zeigefinger zu verzeichnen, welche auf der nicht operierten Seite einen um 2,78 % größeren Anteil an der Gesamtkraft hatten als auf der Gegenseite (Tab. 5).

	Operierte Hand	Nicht operierte Hand	Differenz
Daumen	31,19 %	31,86 %	0,67 %
Zeigefinger	15,48 %	18,26 %	2,78 %
Mittelfinger	13,65 %	13,47 %	0,18 %
Ringfinger	8,85 %	9,17 %	0,47 %
Kleinfinger	5,56 %	5,75 %	0,19 %
Handfläche	29,26 %	28,58 %	0,68 %

(Tabelle 5) Drei Monate postoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich

3.2.1.3 Sechs Monate postoperativ

Sechs Monate nach der Operation hatten die operierten Hände eine signifikant geringere Gesamtkraft als die nicht operierten Hände (Tab. 6). Für die Maximalkräfte von Daumen und Langfingern konnten im Seitenvergleich keine signifikanten Unterschiede gemessen werden, während die Maximalkraft der Handfläche der operierten Hand signifikant geringer war als die der Gegenseite. Insgesamt, wenn auch nur im Bereich der Handfläche und auf die Gesamtkraft bezogen signifikant, war die Maximalkraft in allen Bereichen auch noch sechs Monate postoperativ an der nicht operierten Hand höher als an der operierten Hand.

	Operierte Hand				Nicht operierte Hand				p
	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	\bar{x} (Kraft in N)	s	Min	Max	
Gesamtkraft	388,31	145,91	202	717,8	430,29	151,29	186,4	772,2	0,030
Dig I	120,53	49,31	66,7	229,4	138,37	61,1	62,9	265,3	0,077
Dig II	52,29	22,44	23,8	107,3	54,46	15,66	25,2	89,0	0,615
Dig III	55,78	21,85	26,7	108,8	60,66	29,89	23,5	131,5	0,153
Dig IV	37,39	17,63	15,8	83,7	40,11	15,54	14,5	73,2	0,136
Dig V	20,16	9,63	0	36,7	24,04	9,79	5,8	44,4	0,398
Handfläche	113,09	48,7	40,3	199,2	125,56	45,07	47,7	191,7	0,049

(Tabelle 6) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels ManuGraphie® System sechs Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

Nach sechs Monaten hatten weiterhin die Daumen gefolgt von der Handfläche sowohl auf der operierten, als auch auf der nicht operierten Seite den größten prozentualen Anteil an der Gesamtkraft (Tab. 7). Den nächstgrößten Anteil an der Lastverteilung bildeten nun auf beiden Seiten die Mittelfinger gefolgt von Zeige-, Ring- und Kleinfingern mit dem geringsten Anteil. Auch nach sechs postoperativen Monaten zeigten sich nur sehr geringfügige Unterschiede der Lastverteilung im Seitenvergleich, wobei die größte Differenz im Bereich der Daumen feststellbar war. Die Daumen der operierten Hand hatten einen um 1,12 % geringeren Anteil an der Gesamtkraft als die der Gegenseite.

	Operierte Hand	Nicht operierte Hand	Differenz
Daumen	31,04 %	32,16 %	1,12 %
Zeigefinger	13,46 %	12,66 %	0,8 %
Mittelfinger	14,36 %	14,1 %	0,26 %
Ringfinger	9,63 %	9,32 %	0,31 %
Kleinfinger	5,19 %	5,59 %	0,4 %
Handfläche	29,12 %	29,18 %	0,06 %

(Tabelle 7) Sechs Monate postoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich

3.2.2 Jamar® Dynamometer

3.2.2.1 Präoperativ

Vor der partiellen Fasziektomie war die Maximalkraft der zu operierenden Hände signifikant geringer als die der nicht zu operierenden Hände (Tab. 8).

	Zu operierende Hand				Nicht zu operierende Hand				p
	\bar{x}	s	Min	Max	\bar{x}	s	Min	Max	
Kraft in N	336,48	106,89	94,7	555,6	369,68	81,67	205,9	516,4	0,016
Kraft in kg	34,31	10,9	9,66	56,66	37,7	8,33	21	52,66	0,014

(Tabelle 8) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer präoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

3.2.2.2 Drei Monate postoperativ

Drei Monate postoperativ war die Maximalkraft der operierten Hände signifikant geringer als die der nicht operierten Hände (Tab. 9).

	Operierte Hand				Nicht operierte Hand				p
	\bar{x}	s	Min	Max	\bar{x}	s	Min	Max	
Kraft in N	266,13	91,57	58,8	431,5	353,19	84,05	202,6	470,7	0,000
Kraft in kg	27,12	9,32	6	44	36,02	8,57	20,66	48	0,000

(Tabelle 9) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer drei Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

3.2.2.3 Sechs Monate postoperativ

Sechs Monate nach erfolgter Operation war das Kraftmaximum der operierten Hände weiterhin signifikant niedriger als das der nicht operierten Hände (Tab. 10).

	Operierte Hand				Nicht operierte Hand				p
	\bar{x}	s	Min	Max	\bar{x}	s	Min	Max	
Kraft in N	309,83	92,35	114,3	509,9	363,68	85,12	202,6	464,1	0,003
Kraft in kg	29,77	8,56	11,66	42,33	37,08	8,68	20,66	47,33	0,000

(Tabelle 10) Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer sechs Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)

3.3 Kraftwiedergewinnung und Lastverteilung der operierten Hand im zeitlichen Verlauf

3.3.1 Manugraphie® System präoperativ und drei Monate postoperativ

Im zeitlichen Verlauf war die Maximalkraft der gesamten operierten Hand sowie die der Zeigefinger der operierten Seite vor der Operation signifikant höher als drei Monate postoperativ. Keine signifikanten Unterschiede ergab der Vergleich der Kraftmaxima der Daumen, der Mittelfinger, der Ringfinger, der Kleinfinger und der Handflächen der operierten Seite. Dennoch war erkennbar, dass das Kraftmaximum am zweiten Untersuchungszeitpunkt an allen betrachteten Sektionen durchschnittlich niedriger war. Die Signifikanzen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 11).

	p
Gesamte Hand präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,036
Daumen präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,070
Zeigefinger präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,027
Mittelfinger präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,365
Ringfinger präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,277
Kleinfinger präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,267
Handfläche präoperativ – 3 Monate postoperativ	0,295

(Tabelle 11) Manugraphie® System, statistische Ergebnisse des Vergleichs der Maximalkräfte in Newton der einzelnen Sektionen der operierten Hand präoperativ und drei Monate postoperativ mittels Wilcoxon-Test, p =Signifikanz, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$

Prozentual gesehen haben sich die Anteile der einzelnen Finger an der Gesamtkraft nur geringfügig verändert. So hatte der Daumen der operierten Hand präoperativ einen Anteil an der Gesamtkraft von 31,8 %. Drei Monate nach partieller Fasziektomie war er mit 31,19 % um nur 0,61 % gesunken. Der Zeigefinger hatte mit 16,4 % präoperativ einen um 0,92 % höheren Anteil als drei Monate später (15,48 %), wohingegen der Mittelfinger mit einem Anteil von 13,65 % an der Gesamtkraft drei Monate postoperativ um 1,05 % höher war als präoperativ (12,6 %). Der Anteil des Ringfingers betrug vor der Operation 9,76 % und war drei Monate postoperativ mit 8,85 % um 0,91 % gesunken. Auch der prozentuale Anteil des Kleinfingers hat sich in diesem Zeitraum kaum merklich verändert. So betrug er präoperativ 5,73 % und sank drei Monate später um 0,17 % auf 5,56 % ab. Der prozentuale Anteil der Handfläche ist drei Monate postoperativ um 1,09 % auf 29,26 % gestiegen im Vergleich zum präoperativen Zustand (28,17 %).

Zusammenfassend war erkennbar, dass der Mittelfinger und die Handfläche nach drei Monaten geringfügig mehr Kraft auf die Sensormatte ausübten, wohingegen der Anteil der Kraft der übrigen Finger etwas gesunken war.

3.3.2 Manugraphie® System präoperativ und sechs Monate postoperativ

Die Maximalkraft der Mittelfinger der operierten Seite war sechs Monate postoperativ

signifikant höher als vor der partiellen Fasziektomie. In allen anderen betrachteten Sektionen der operierten Seite zeigten sich im Vergleich der beiden Untersuchungszeitpunkte keine signifikanten Unterschiede (Tab.12).

Auch die gemittelten Kraftmaxima des gesamten Objektes, der Daumen, der Ringfinger und der Handflächen waren sechs Monate postoperativ minimal erhöht, jedoch ohne Signifikanz. Lediglich Zeigefinger und Kleinfinger zeigten sechs Monate nach der Operation eine Minderung des Kraftmaximums im Vergleich zum Ausgangswert, jedoch auch hier nicht signifikant.

	p
Gesamte Hand präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,334
Daumen präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,601
Zeigefinger präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,147
Mittelfinger präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,016
Ringfinger präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,191
Kleinfinger präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,904
Handfläche präoperativ – 6 Monate postoperativ	0,198

(Tabelle 12) Manugraphie® System, statistische Ergebnisse des Vergleichs der Maximalkräfte in Newton der einzelnen Sektionen der operierten Hand präoperativ und sechs Monate postoperativ mittels Wilcoxon-Test, p=Signifikanz, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$

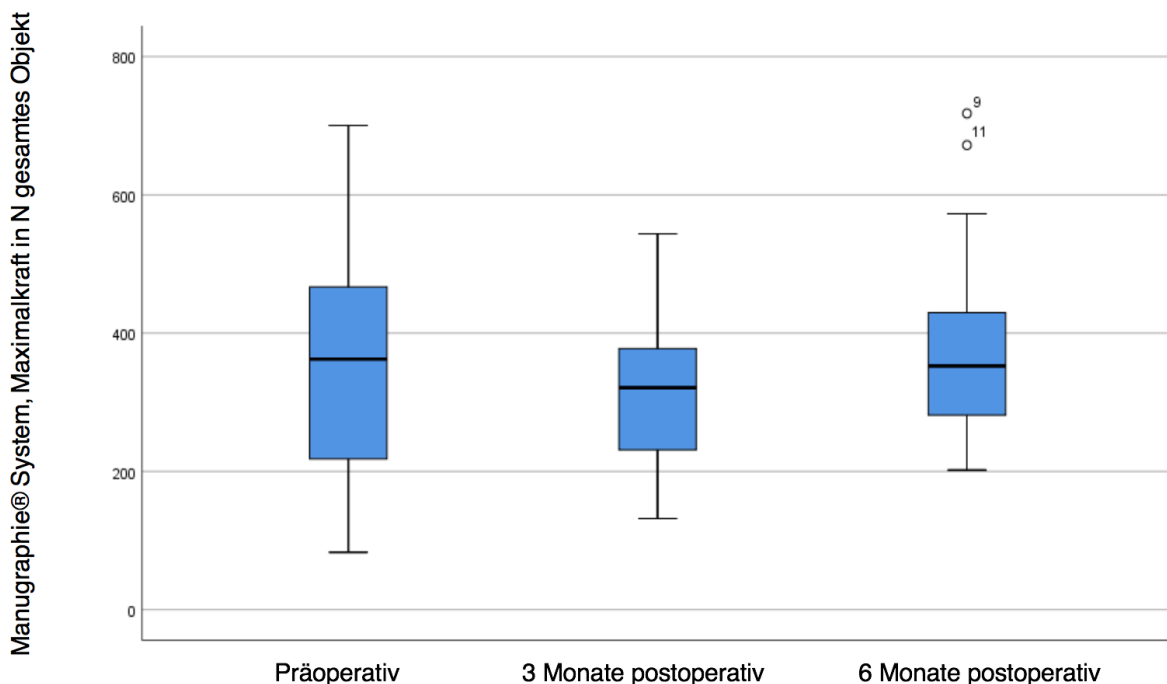
Prozentual betrachtet unterschieden sich die jeweiligen Anteile der einzelnen Bereiche der operierten Hand an der Gesamtkraft zwischen präoperativem Zeitpunkt und sechs Monate postoperativ nur geringfügig. So ist der Anteil des Daumens an der Gesamtkraft mit 31,04 % um 0,76 % gesunken im Vergleich zum präoperativen Zustand (31,8 %). Auch der Zeigefinger hatte sechs Monate postoperativ mit 13,46 % einen um 2,94 % geringeren Beitrag als präoperativ (16,4 %). Im Gegensatz dazu ist der Anteil des Mittelfingers sechs Monate nach partieller Fasziektomie um 1,76 % auf 14,36 % gestiegen. Der Ringfinger hatte sechs Monate postoperativ einen Beitrag zur Gesamtkraft der Hand von 9,63 % und ist somit im präoperativen Vergleich um 0,13 % gesunken. Ähnlich verhielt es sich beim Kleinfinger. Dessen Anteil ist von präoperativ 5,73 % um 0,54 % auf 5,19 % postoperativ gesunken. Im Gegensatz dazu war der Anteil der Handfläche am letzten Untersuchungszeitpunkt mit 29,12 % um 0,42 % höher als präoperativ (28,17 %). Zusammenfassend ist über den zeitlichen

Verlauf der Lastverteilung festzustellen, dass die Anteile von Daumen, Zeige-, Ring- und Kleinfinger an der Gesamtkraft nach sechs Monaten etwas geringer waren als präoperativ, wohingegen die prozentualen Anteile von Mittelfinger und Handfläche angestiegen sind.

3.3.3 Manugraphie® System zeitlicher Verlauf der Kraftwiedergewinnung

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Wiedergewinnung der Kraft der gesamten Hand ist zu erkennen, dass die Kraft nach drei Monaten zunächst von 361,98 N signifikant auf 317,34 N gesunken ist ($p=0,036$), sich nach weiteren drei Monaten aber wieder erholte und mit 388,31 N sogar über dem Ausgangswert lag ($p=0,334$). Visualisiert ist dieser Zusammenhang in der nachstehenden Abbildung durch Boxplots für die Maximalkraft des Gesamtobjektes zu allen drei Untersuchungszeitpunkten (Abb. 8). Auffällig waren dabei zwei Ausreißer sechs Monate postoperativ mit besonders hohen Kraftmaxima. Ähnlich verhielt es sich beim Daumen. Hier betrug die gemittelte Maximalkraft präoperativ 115,12 N, sank drei Monate postoperativ nicht signifikant auf 98,98 N ($p=0,07$), stieg dann auf 120,53 N und übertraf somit den präoperativen ($p=0,601$) Ausgangswert. Die Kraft des Zeigefingers sank drei Monate postoperativ von 59,36 N statistisch signifikant auf 49,13 N ($p=0,027$), erholte sich nach sechs Monaten etwas und lag dann bei 52,29 N, erreichte somit aber noch nicht den präoperativen Ausgangswert ($p=0,147$). Die Maximalkraft des Mittelfingers ist drei Monate postoperativ nur minimal von 45,62 N auf 43,33 N gesunken ($p=0,365$). Allerdings war nach weiteren drei Monaten mit 55,78 N ein signifikanter Anstieg der Kraft des Mittelfingers zu verzeichnen ($p=0,016$). Die Kraft des Ringfingers sank von 32,91 N präoperativ auf 28,11 N drei Monate postoperativ ($p=0,277$), stieg weitere drei Monate später wieder an und überragte mit 37,39 N leicht die Ausgangskraft ($p=0,191$). Mit 17,64 N drei Monate nach partieller Fasziektomie lag die durchschnittliche Maximalkraft des Kleinfingers geringfügig unter dem Ausgangswert von 20,75 N ($p=0,267$). Auch nach weiteren drei Monaten hatte der Kleinfinger mit 20,12 N seine Ausgangskraft noch nicht endgültig erreicht ($p=0,904$). Die durchschnittliche Maximalkraft der Handflächen betrug präoperativ 101,98 N, sank nach der Operation zunächst auf 92,86 N ($p=0,295$) und übertraf sechs Monate

postoperativ mit 113,09 N, wenn auch nicht signifikant, den Ausgangswert ($p=0,198$). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Maximalkraft drei Monate postoperativ in allen gemessenen Regionen der Hand niedriger war als vor der partiellen Fasziektomie. Nach weiteren drei Monaten war in allen Bereichen wieder ein Anstieg der Kraft zu verzeichnen, welcher, mit Ausnahme von Zeige- und Kleinfinger, sogar den präoperativen Ausgangswert übertraf.



(Abbildung 8) Boxplots für die präoperativ, drei Monate postoperativ ($p=0,036$) und sechs Monate postoperativ ($p=0,334$) mittels Manugraphie® System ermittelte Maximalkraft der operierten Hand

3.3.4 Jamar® Dynamometer präoperativ und drei Monate postoperativ

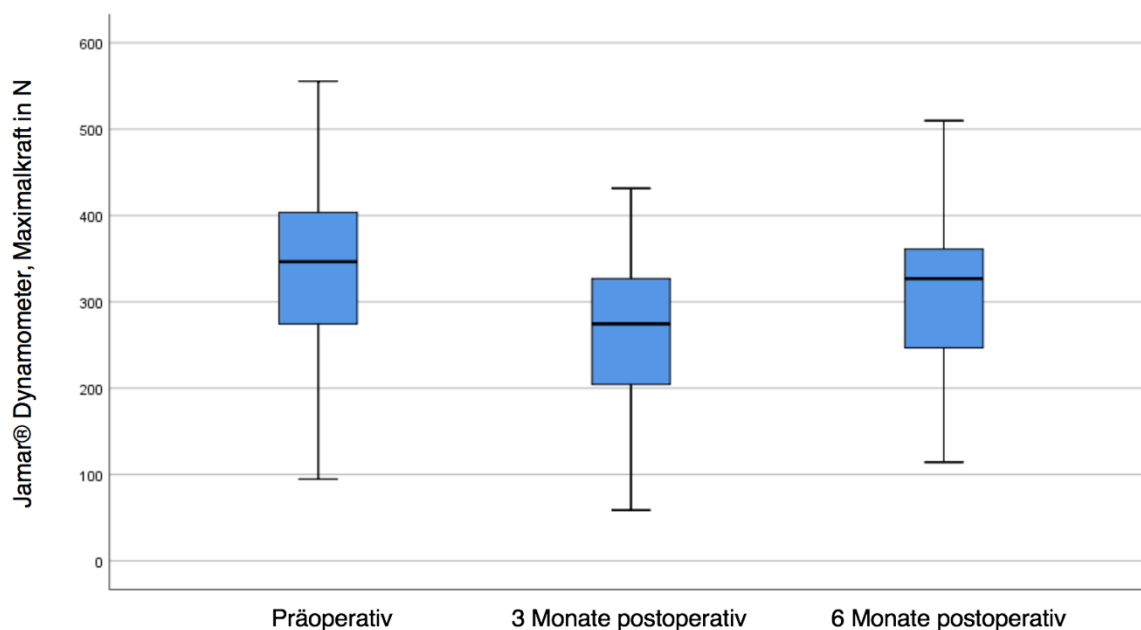
Die mit dem Jamar® Dynamometer gemessenen Maximalkräfte der operierten Hand ergaben in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Manugraphie® Systems für die Gesamtkraft der Hand signifikante Unterschiede. So war die durchschnittliche Maximalkraft präoperativ mit 336,48 N signifikant höher als drei Monate nach der partiellen Fasziektomie mit nur 266,13 N ($p=0,002$).

3.3.5 Jamar® Dynamometer präoperativ und sechs Monate postoperativ

Mit durchschnittlich 336,48 N präoperativ und 309,83 N sechs Monate nach partieller Fasziektomie war die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene Maximalkraft postoperativ signifikant niedriger ($p=0,022$).

3.3.6 Jamar® Dynamometer zeitlicher Verlauf der Kraftwiedergewinnung

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Kraftwiedergewinnung der mit dem Jamar® Dynamometer ermittelten Werte war ersichtlich, dass die Handkraft drei Monate nach partieller Fasziektomie von 336,48 N statistisch signifikant auf 266,13 N gesunken ist ($p=0,002$). Nach weiteren drei Monaten war die Kraft mit 309,83 N im Vergleich zum vorherigen Untersuchungszeitpunkt zwar wieder angestiegen, erreichte jedoch noch immer nicht den präoperativen Ausgangswert ($p=0,022$). Dass zunächst ein Abfall der Kraft nach drei Monaten zu verzeichnen war, welche nach sechs Monaten wieder einen leichten Anstieg zeigte, wird durch die Boxplots in der folgenden Abbildung visualisiert (Abb. 9).



(Abbildung 9) Boxplots für die präoperativ, drei Monate postoperativ ($p=0,002$) und sechs Monate postoperativ ($p=0,022$) mittels Jamar® Dynamometer ermittelte Maximalkraft der operierten Hand

3.4 Bewegungsausmaß der operierten Hand

3.4.1 Neutral-Null-Methode

3.4.1.1 Vergleich präoperativ und drei Monate postoperativ

Das Gesamtstreckdefizit der Zeigefinger betrug vor der partiellen Fasziektomie im Mittel 11° . Nach der Operation lag es durchschnittlich noch bei 10° , womit keine Signifikanz besteht ($p=0,713$). Keine signifikante Veränderung zeigte sich auch beim Vergleich der Mittelfinger der operierten Hand. Dennoch war das Streckdefizit drei Monate nach der Operation mit durchschnittlich 8° geringer als präoperativ mit 15° ($p=0,066$). Während das Gesamtstreckdefizit der Ringfinger präoperativ bei durchschnittlich 34° lag, betrug es drei Monate später nur noch 16° und war somit postoperativ signifikant geringer ($p=0,007$). Auch das Gesamtstreckdefizit der Kleinfinger war drei Monate postoperativ mit durchschnittlich 40° signifikant geringer als präoperativ mit 73° ($p=0,011$).

3.4.1.2 Vergleich präoperativ und sechs Monate postoperativ

Bei der Messung der Zeigefinger ergab sich präoperativ durchschnittlich ein Streckdefizit von 11° . Sechs Monate postoperativ betrug das Gesamtstreckdefizit 7° . Somit war kein signifikanter Unterschied detektierbar ($p=0,414$). Auch der Vergleich der Gesamtstreckdefizite der Mittelfinger zeigte keinen signifikanten Unterschied. Vor der partiellen Fasziektomie betrug das Streckdefizit im Mittel 15° . Beim letzten Untersuchungszeitpunkt wurden im Durchschnitt 8° gemessen ($p=0,136$).

Mit einem Streckdefizit von durchschnittlich 34° war das Gesamtstreckdefizit der Ringfinger präoperativ signifikant größer als sechs Monate postoperativ mit nur noch 14° im Durchschnitt ($p=0,017$). Der Vergleich des Gesamtstreckdefizites der Kleinfinger war ebenfalls signifikant verändert. Während das Streckdefizit präoperativ durchschnittlich 73° betrug, wurde sechs Monate postoperativ ein Gesamtstreckdefizit von 32° gemessen ($p=0,004$). Die folgende Tabelle fasst die Veränderungen des Streckdefizites über den zeitlichen Verlauf zusammen (Tab. 13).

	präoperativ	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Dig II	11°	10°	7°
Dig III	15°	8°	8°
Dig IV	34°	16°	14°
Dig V	73°	40°	32°

(Tabelle 13) Durchschnittliches Streckdefizit in Grad von Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und Kleinfinger präoperativ, drei Monate sowie sechs Monate postoperativ

3.4.2 Faustschluss

3.4.2.1 Vergleich präoperativ und drei Monate postoperativ

Präoperativ konnten alle Patienten die Hohlhandbeugefalte mit der Zeigefingerkuppe berühren. Drei Monate postoperativ betrug der durchschnittliche Abstand der Zeigefingerkuppe von der Hohlhandbeugefalte 0,37 cm und hatte sich somit nicht signifikant erhöht ($p=0,109$). Auch den Mittelfinger konnten präoperativ alle Patienten problemlos zur Hohlhandbeugefalte führen. Am ersten Nachuntersuchungstermin hatte sich der Abstand nicht signifikant auf 0,47 cm erhöht ($p=0,066$). Ebenfalls konnten alle Patienten präoperativ die Hohlhand mit dem Ringfinger berühren. Nach drei Monaten hatte sich der Abstand allerdings statistisch signifikant auf durchschnittlich 0,53 cm erhöht ($p=0,027$). Nur ein Patient zeigte präoperativ mit 1 cm Abstand von der Hohlhand eine Störung des Faustschlusses im Bereich des Kleinfingers, was einen Durchschnitt von 0,05 cm ergibt. Drei Monate nach partieller Fasziotomie hatte sich der Abstand statistisch signifikant durchschnittlich auf 0,92 cm erhöht ($p=0,011$).

3.4.2.2 Vergleich präoperativ und sechs Monate postoperativ

Während präoperativ kein Patient eine Faustschlussstörung im Bereich des Zeigefingers aufwies, hatte sich der Abstand des Zeigefingers von der Hohlhand sechs Monate postoperativ nicht signifikant auf durchschnittlich 0,37 cm erhöht ($p=0,102$). Im Bereich des Mittelfingers hat sich der Abstand von 0 cm präoperativ nicht signifikant

auf durchschnittlich 0,29 cm erhöht ($p=0,109$). Ähnliches gilt für den Ringfinger. Während präoperativ kein Abstand von der Hohlhand beim Faustschluss bestand, erhöhte sich dieser sechs Monate postoperativ nicht signifikant auf 0,24 cm im Durchschnitt ($p=0,109$). Der Abstand des Kleinfingers von der Hohlhand lag präoperativ bei durchschnittlich 0,05 cm, hatte sich jedoch sechs Monate postoperativ nicht signifikant auf 0,47 cm erhöht ($p=0,068$).

3.5 Sekundäre Untersuchungsparameter

3.5.1 DASH-Bogen

Präoperativ wurde ein durchschnittlicher DASH-Punktwert von 16,65 erreicht. Drei Monate nach der partiellen Fasziektomie verschlechterte sich der DASH-Score um 0,35 Punkte auf 17. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ($p=0,444$).

Nach weiteren drei Monaten betrug der DASH-Score im Mittel 13,76. Somit bestand auch hier kein signifikanter Unterschied, dennoch verminderte sich der DASH-Punktwert im Vergleich zum Ausgangswert um 2,89 Punkte ($p=0,433$). Somit war sechs Monate postoperativ eine geringfügige Besserung des funktionellen Status der oberen Extremität zu verzeichnen.

3.5.2 Schmerzniveau

Präoperativ gaben die Patienten einen durchschnittlichen NRS-Wert von 2,26 an. Drei Monate nach partieller Fasziektomie erhöhte sich der NRS-Wert auf durchschnittlich 2,79, wodurch sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied ergab ($p=0,527$). Sechs Monate nach der Operation gaben die Patienten einen durchschnittlichen NRS-Wert von 1,68 an. Somit verringerte sich das Schmerzniveau der Patienten im Vergleich zum präoperativen Zustand, wenn auch nicht signifikant ($p=0,374$).

3.5.3 Analgetikagebrauch

Präoperativ beschrieb keiner der neunzehn Patienten den Gebrauch von Schmerzmitteln. Drei Monate nach der Operation gab eine Patientin an, Analgetika aufgrund von Schmerzen an der operierten Hand einzunehmen (5,3 %). Auch sechs Monate nach partieller Fasziektomie nahm diese Patientin als einzige noch Schmerzmittel ein. Sie war zum Zeitpunkt der Operation 62 Jahre alt. Von der Kontraktur betroffen waren bei ihr Ring- und Kleinfinger der linken Hand, wobei der Ringfinger präoperativ ein Gesamtstreckdefizit von 120° aufwies und der Kleinfinger ein Gesamtstreckdefizit von 145° bei einem auf diese Studie bezogen überdurchschnittlich hohen DASH-Score von 49,16. Drei Monate postoperativ konnte eine Minderung des Streckdefizit des Ringfingers auf 55° und des Kleinfingers auf 65° verzeichnet werden, wobei sich der DASH-Score auf 27,5 verbesserte. Nach sechs Monaten war kein Streckdefizit des Ringfingers zu ermitteln. Das Streckdefizit des Kleinfingers verringerte sich um weitere 30° auf 35° bei einem leichten Anstieg des DASH-Scores auf 32,5.

3.5.4 Kälteempfindlichkeit

52,6 % der Patienten gaben drei Monate nach partieller Fasziektomie an, kälteempfindlich im operierten Bereich der Hand zu sein. Weitere drei Monate später waren nur noch 47,4 % der Patienten kälteempfindlich. Daraus ergab sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Nachuntersuchungszeitpunkten ($p=0,705$).

3.5.5 Sensibilität

Von allen neunzehn Patienten äußerten siebzehn am ersten postoperativen Nachuntersuchungstermin Sensibilitätsstörungen im operierten Bereich, was 89,5 % entspricht. Dabei gaben sieben Patienten Hypästhesien an (41,2 %), ein Patient äußerte eine Hyperästhesie (5,9 %). Am häufigsten traten bei neun Patienten Dysästhesien auf (52,9 %).

Sechs Monate postoperativ wiesen noch sechzehn Patienten Störungen der

Sensibilität auf (84,2 %). Somit zeigte sich zwar eine leichte, aber keine statistisch signifikante Abnahme der Sensibilitätsstörungen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes ($p=0,564$). Es gaben noch immer vier Patienten eine Hypästhesie an (25 %). Hyperästhesien beschrieb kein Patient mehr. Am häufigsten traten sechs Monate postoperativ Dysästhesien auf, über welche zwölf Patienten klagten (75 %).

3.6 Korrelationen

3.6.1 Zusammenhang zwischen Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer

Präoperativ herrschte beim Vergleich der mit dem Manugraphie® System aufgenommenen Ergebnisse und der mit dem Jamar® Dynamometer gemessenen Werte der zu operierenden Hand mit 0,81 eine hohe Korrelation nach Pearson mit einer Signifikanz von 0,000 auf dem Signifikanzniveau 0,01. Je höher also die mit dem Manugraphie® System gemessenen Maximalkräfte waren, desto höher waren auch die mit dem Jamar® Dynamometer gemessenen Maximalkräfte. Vergleicht man die Ergebnisse der nicht zu operierenden Hände, so war auch hier eine hohe positive Korrelation mit 0,808 auf dem 0,01 Signifikanzniveau erkennbar ($p=0,000$).

Auch drei Monate postoperativ korrelierten die Ergebnisse des Manugraphie® Systems und des Jamar® Dynamometers positiv miteinander. Dabei zeigte sich im Bereich der operierten Hände eine mittlere Korrelation nach Pearson von 0,577, welche auf dem Niveau von 0,01 signifikant war ($p=0,01$). Der Vergleich der Messgeräte ergab in Bezug auf die nicht operierten Hände eine hohe positive Korrelation mit 0,747 und war somit auf dem Niveau 0,01 signifikant ($p=0,000$).

Sechs Monate nach partieller Fasziektomie zeigte der Vergleich der beiden Messgeräte bezogen auf die operierte Seite nur noch eine geringe positive Korrelation mit 0,454 ohne Signifikanz ($p=0,051$), wohingegen auf der Gegenseite eine mittlere Korrelation von 0,715 nach Pearson erfasst werden konnte und somit auf dem Niveau 0,01 statistisch signifikant war ($p=0,001$).

3.6.2 Zusammenhang zwischen den Maximalkräften der operierten Hand erhoben mittels Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und funktionellem Status (DASH-Score)

Präoperativ herrschte zwischen der mit dem Manugraphie® System ermittelten Maximalkraft der gesamten zu operierenden Hand und dem funktionellen Status der betroffenen Extremität, welcher zuvor mit Hilfe des DASH-Bogens ermittelt wurde, eine statistisch signifikante mittlere negative Korrelation. Das heißt, je größer die Maximalkräfte waren, desto geringer war der Punktwert des DASH-Fragebogens, wobei ein kleiner Punktwert einer geringen funktionellen Beeinträchtigung entspricht (Jester et al., 2005a). Ebenso zeigten sich für den Daumen, Mittel-, Ring- und Kleinfinger geringe bis mittlere negative und statistisch signifikante Korrelationen mit dem DASH-Score. Lediglich im Bereich der Zeigefinger und Handflächen war die Korrelation nicht signifikant.

Je größer die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene Handkraft war, desto signifikant besser war der mit dem DASH-Bogen ermittelte funktionelle Status der betroffenen Extremität. Die entsprechenden Korrelationen und Signifikanzen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 14).

		DASH-Score
Maximalkraft gesamte Hand (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,510*
	Signifikanz (2-seitig)	0,026
Maximalkraft Daumen in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,516*
	Signifikanz (2-seitig)	0,024
Maximalkraft Zeigefinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,392
	Signifikanz (2-seitig)	0,097
Maximalkraft Mittelfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,457*
	Signifikanz (2-seitig)	0,049
Maximalkraft Ringfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,480*
	Signifikanz (2-seitig)	0,038
Maximalkraft Kleinfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,508*
	Signifikanz (2-seitig)	0,026
Maximalkraft Handfläche in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,405
	Signifikanz (2-seitig)	0,086
Maximalkraft (Jamar)	Korrelation nach Pearson	-0,569*
	Signifikanz (2-seitig)	0,011

(Tabelle 14) präoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der zu operierenden Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, *=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant, N=Newton

Drei Monate postoperativ zeigten sich in keinem Fall signifikante Korrelationen (Tab. 15). Mit Ausnahme von Ringfinger und Handfläche korrelierten alle mit dem Manugraphie® System ermittelten Maximalkräfte der einzelnen Handbereiche sehr gering positiv. Anders verhielt es sich bei den Ringfingern und Handflächen. Je größer hier die Maximalkräfte waren, desto besser war das funktionelle Ergebnis, beziehungsweise umso kleiner der DASH-Score. Jedoch handelte es sich auch an dieser Stelle um keine statistisch signifikante und nur geringe negative Korrelation. Die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene durchschnittliche Maximalkraft korrelierte nur sehr gering positiv mit dem funktionellen Status der operierten Hand und zeigte keine Signifikanz.

		DASH-Score
Maximalkraft gesamte Hand (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,049
	Signifikanz (2-seitig)	0,841
Maximalkraft Daumen in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,155
	Signifikanz (2-seitig)	0,527
Maximalkraft Zeigefinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,311
	Signifikanz (2-seitig)	0,194
Maximalkraft Mittelfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,021
	Signifikanz (2-seitig)	0,933
Maximalkraft Ringfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,184
	Signifikanz (2-seitig)	0,451
Maximalkraft Kleinfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,059
	Signifikanz (2-seitig)	0,809
Maximalkraft Handfläche in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,108
	Signifikanz (2-seitig)	0,660
Maximalkraft (Jamar)	Korrelation nach Pearson	0,143
	Signifikanz (2-seitig)	0,560

(Tabelle 15) Drei Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, N=Newton

Sechs Monate nach der partiellen Fasziektomie ergaben sich im Bereich des gesamten Objektes sowie separat für Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger sehr geringe bis geringe positive Korrelationen, welche statistisch nicht signifikant waren (Tab. 16). Je größer die Maximalkraft der Ringfinger, der Kleinfinger sowie der Handfläche war, desto kleiner war der DASH-Score, die Funktionalität war also besser. Jedoch korrelierten diese Werte nur sehr gering bis gering negativ miteinander und es ergab sich keine statistische Signifikanz.

Die mit dem Jamar® Dynamometer sechs Monate postoperativ gemessene durchschnittliche Maximalkraft korrelierte nur gering negativ mit dem funktionellen Status der operierten Hand und zeigte ebenfalls keine Signifikanz.

		DASH-Score
Maximalkraft gesamte Hand (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,015
	Signifikanz (2-seitig)	0,952
Maximalkraft Daumen in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,019
	Signifikanz (2-seitig)	0,940
Maximalkraft Zeigefinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,217
	Signifikanz (2-seitig)	0,372
Maximalkraft Mittelfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,082
	Signifikanz (2-seitig)	0,740
Maximalkraft Ringfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,048
	Signifikanz (2-seitig)	0,846
Maximalkraft Kleinfinger in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,208
	Signifikanz (2-seitig)	0,393
Maximalkraft Handfläche in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,030
	Signifikanz (2-seitig)	0,902
Maximalkraft (Jamar)	Korrelation nach Pearson	-0,317
	Signifikanz (2-seitig)	0,186

(Tabelle 16) Sechs Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, N=Newton

3.6.3 Zusammenhang zwischen Faustschlussstörung und den Maximalkräften der operierten Hand erhoben mittels Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer

Präoperativ wies nur ein Patient eine Faustschlussstörung im Bereich des Kleinfingers auf. Alle übrigen Finger konnten die Hohlhandbeugefalte problemlos berühren. In Bezug auf die präoperative mittels Manugraphie® System ermittelte Gesamtkraft ergab sich eine geringe negative Korrelation von -0,380 ($p=0,109$). Je größer also die Faustschlussstörung im Bereich des Kleinfingers war, desto kleiner war die Gesamtkraft der Hand. Auch im Zusammenhang mit der Maximalkraft des Kleinfingers zeigt sich mit -0,409 eine geringe negative Korrelation ohne Signifikanz ($p=0,082$).

Die mit dem Jamar® Dynamometer präoperativ gemessene Maximalkraft zeigte mit -0,548 eine statistisch signifikante mittlere negative Korrelation in Bezug auf den Abstand des Kleinfingers von der Hohlhand beim Faustschluss ($p=0,015$). Demzufolge

war die Handkraft umso kleiner, je größer die Faustschlussstörung war.

Drei Monate postoperativ ergaben sich für die Abstände aller Langfingerkuppen von der Hohlhand beim Faustschluss sehr geringe bis gering negative Korrelationen ohne Signifikanz in Bezug auf die mittels Manugraphie® System gemessene Gesamtkraft der Hand. Je größer die Abstände von der Hohlhand waren, desto kleiner war also die Gesamtkraft. Bei Betrachtung der Einzelkräfte der Finger fiel lediglich beim Zeigefinger eine geringe positive nicht signifikante Korrelation des Abstandes von der Hohlhand beim Faustschluss mit der Maximalkraft des Zeigefingers auf. Die Abstände von Mittel-, Ring- und Kleinfinger von der Hohlhand korrelierten hingegen sehr gering bis gering negativ ohne Signifikanz mit der Maximalkraft der jeweiligen Finger.

Die mit Hilfe des Jamar® Dynamometers am zweiten Nachuntersuchungstermin ermittelte Handkraft zeigte für die Abstände aller Langfingerkuppen von der Hohlhand beim Faustschluss statistisch signifikante geringe Korrelationen. Je größer die Abstände der Finger von der Hohlhand waren, desto kleiner war die mittels Jamar® Dynamometer gemessene Handkraft. Die Korrelationen und Signifikanzen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 17).

		FSS Dig II	FSS Dig III	FSS Dig IV	FSS Dig V
Maximalkraft gesamte Hand (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,021	-0,087	-0,202	-0,056
	Signifikanz (2-seitig)	0,932	0,724	0,407	0,820
Maximalkraft Dig II in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,343	0,293	0,202	0,270
	Signifikanz (2-seitig)	0,151	0,224	0,407	0,263
Maximalkraft Dig III in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,088	-0,147	-0,162	0,056
	Signifikanz (2-seitig)	0,719	0,547	0,507	0,820
Maximalkraft Dig IV in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,191	-0,189	-0,262	-0,080
	Signifikanz (2-seitig)	0,435	0,439	0,278	0,745
Maximalkraft Dig V in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,083	0,012	-0,113	-0,279
	Signifikanz (2-seitig)	0,734	0,961	0,644	0,248
Maximalkraft (Jamar)	Korrelation nach Pearson	-0,468*	-,0568*	-0,660**	-0,490*
	Signifikanz (2-seitig)	0,043	0,011	0,002	0,033

(Tabelle 17) Drei Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der Faustschlussstörung, **=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant, *=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant, N=Newton, FSS=Faustschlussstörung

Sechs Monate postoperativ korrelierten die Faustschlussstörungen von Zeige-, Mittel- und Ringfinger sehr gering negativ mit der mittels Manugraphie® System gemessenen Gesamtkraft der operierten Hand, allerdings nicht statistisch signifikant. Je größer also die Abstände der Langfingerkuppen von der Hohlhandbeugefalte waren, desto kleiner war die Gesamtkraft der Hand. Lediglich die Schlussstörung des Kleinfingers korrelierte sehr gering positiv mit der Gesamtkraft. Bezogen auf die Maximalkräfte einzelner Finger korrelierten nur die Kräfte der Mittel- und Kleinfinger sehr gering bis gering negativ mit dem Abstand von der Hohlhand beim Versuch des Faustschlusses. Die Maximalkräfte der Zeige- und Ringfinger hingegen korrelierten sehr gering bis gering positiv mit dem Abstand dieser Finger von der Hohlhand.

Im Gegensatz zu den durch das Manugraphie® System ermittelten Werten, zeigte die sechs Monate postoperativ durch das Jamar® Dynamometer gemessene Handkraft gering negative Korrelationen in Bezug auf die Faustschlussstörungen im Bereich von Zeige-, Mittel- und Ringfinger. Nur der Abstand des Kleinfingers von der Hohlhandbeugefalte korrelierte sehr gering positiv mit der mittels Jamar® Dynamometer erfassten Handkraft. Die entsprechenden Korrelationen und Signifikanzen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Tab. 18).

		FSS Dig II	FSS Dig III	FSS Dig IV	FSS Dig V
Maximalkraft gesamte Hand (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,140	-0,079	-0,030	0,068
	Signifikanz (2-seitig)	0,568	0,747	0,904	0,781
Maximalkraft Dig II in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	0,182	0,200	0,045	0,004
	Signifikanz (2-seitig)	0,455	0,411	0,856	0,988
Maximalkraft Dig III in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,133	-0,076	0,089	0,232
	Signifikanz (2-seitig)	0,589	0,756	0,717	0,339
Maximalkraft Dig IV in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,087	0,133	0,186	0,113
	Signifikanz (2-seitig)	0,724	0,587	0,446	0,646
Maximalkraft Dig V in N (Manugraphie)	Korrelation nach Pearson	-0,284	-0,333	-0,255	-0,207
	Signifikanz (2-seitig)	0,238	0,164	0,291	0,396
Maximalkraft (Jamar)	Korrelation nach Pearson	-0,350	-0,335	-0,225	0,095
	Signifikanz (2-seitig)	0,141	0,160	0,355	0,699

(Tabelle 18) Sechs Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der Faustschlussstörung, N=Newton, FSS=Faustschlussstörung

3.6.4 Zusammenhang zwischen postoperativer Sensibilität und DASH-Score

Zur Überprüfung des Zusammenhanges zwischen postoperativer Sensibilität und dem DASH-Score wurde der Eta-Koeffizient gewählt, da es sich um den Vergleich unterschiedlich skalierten Variablen handelt. Eta kann Werte zwischen 0 und 1 erreichen, wobei nach Cohen Werte kleiner als 0,01 keinen Zusammenhang anzeigen, zwischen 0,01 und 0,04 einen geringen Zusammenhang, zwischen 0,04 und 0,16 einen mittleren Zusammenhang und bei einem Eta größer als 0,16 deutet dies auf einen großen Zusammenhang zwischen den Variablen hin (3).

Der Eta-Koeffizient der Variablen der Sensibilität und des DASH-Scores drei Monate postoperativ betrug 0,485, woraus sich ergibt, dass ein großer Zusammenhang besteht und der DASH-Score von der Sensibilität abhängig ist. Ähnlich verhielt es sich sechs Monate postoperativ, wo die Beziehung zwischen den Variablen bei einem Eta-Koeffizienten von 0,217 zwar geringer war, aber dennoch einen großen Zusammenhang darstellt.

3.6.5 Zusammenhang zwischen postoperativer Sensibilität und Maximalkraft der operierten Hand

Zur Feststellung des Zusammenhanges zwischen der Sensibilität und der Maximalkraft der Hand wurde ebenfalls der Eta-Koeffizient herangezogen. Bezogen auf die Sensibilität und die Maximalkraft der operierten Hand ermittelt mit dem Manugraphie® System betrug dieser drei Monate postoperativ 0,53. Der Eta-Koeffizient der Variablen des Berührungsempfindens und der Maximalkraft der operierten Hand gemessen mit Hilfe des Jamar® Dynamometers betrug zu dieser Zeit 0,295. Somit war dieser Zusammenhang zwar geringer als der der mit dem Manugraphie® System ermittelten Werte, dennoch kann in beiden Fällen von einem großen Zusammenhang zwischen Berührungsempfinden und der Maximalkraft der operierten Hand drei Monate postoperativ gesprochen werden.

Sechs Monate postoperativ betrug der Eta-Koeffizient ermittelt aus den Variablen der Sensibilität und mittels Manugraphie® System gemessener Maximalkraft der operierten Hand 0,164, weshalb, wenn auch grenzwertig, von einem großen Zusammenhang gesprochen werden kann. Ebenso verhielt es sich in Bezug auf den aus der Sensibilität und der mit Hilfe des Jamar® Dynamometers gemessenen Maximalkraft der operierten Hand ermitteltem Eta-Koeffizienten von 0,305, wodurch auch hier auf einen großen Zusammenhang geschlossen werden kann.

4 Diskussion

4.1 Epidemiologie

An dieser Studie waren mehr Männer (fünfzehn) als Frauen (vier) beteiligt, was der Geschlechterverteilung beim Morbus Dupuytren, wie sie auch aus der Literatur bekannt ist, entspricht (Hahn, 2017). Dabei ist das Geschlechterverhältnis von Männern zu Frauen in der Literatur mit 5,9 zu 1 beschrieben, was unsere Studie aufgrund des relativ kleinen Patientenkollektivs nicht exakt widerspiegelte, dem aber nahe kommt (Hindocha et al., 2009). Des Weiteren waren, wie auch in der Literatur beschrieben, die beiden ulnaren Strahlen mit Abstand am häufigsten von der Dupuytrenschen Kontraktur betroffen (Shaw et al., 2007).

4.2 Maximalkräfte und Lastverteilung im Seitenvergleich

4.2.1 Manugraphie® System

Präoperativ war die Maximalkraft der nicht zu operierenden Hand nicht signifikant größer als die der zu operierenden Hand, wobei sich jedoch erhebliche interindividuelle Unterschiede zeigten, welche durch unterschiedliche Handgrößen zu erklären sein könnten. So stellten Wichelhaus et al. fest, dass längere Hände eine signifikant höhere Handkraft aufweisen (Wichelhaus et al., 2018). In unserer Studie war die nicht zu operierende Hand in 63 % der Fälle die dominante Seite. Dies kommt den Erkenntnissen einer Querschnittsstudie von Cai et al. nahe, welche die Handkraft und Lastverteilung von dominanter und nicht dominanter Hand von gesunden Probanden mit Hilfe des Manugraphie® Systems verglichen haben und feststellten, dass das Kraftmaximum der dominanten Hand höher als das der nicht dominanten Hand war (Cai et al., 2018). Signifikante Unterschiede ergaben sich in unserer Studie im Bereich der Zeige- und Mittelfinger. Auffällig war, dass die Maximalkraft des Zeigefingers der zu operierenden Hand signifikant höher war, als die der nicht zu operierenden Hand, was sich möglicherweise durch ein kompensatorisch festeres Greifen des Zeigefingers an der betroffenen Hand erklären lässt, bei der Mittel-, Ring- und Kleinfinger wesentlich häufiger als der Zeigefinger von einer Kontraktur betroffen waren und den

Messzylinder demzufolge weniger fest umgreifen konnten, wohingegen sich die Last auf der nicht zu operierenden Seite auf alle Langfinger verteilen konnte. Im Gegensatz dazu war die Maximalkraft des Mittelfingers der zu operierenden Hand signifikant geringer als die der Gegenseite. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass, mit Ausnahme des Zeigefingers, die Maximalkraft der gesamten Hand sowie die Maximalkräfte aller Langfinger, des Daumens und der Handfläche der zu operierenden Hände geringer war, wenn auch nur im Bereich des Mittelfingers signifikant. Dies könnte zum einen darin begründet sein, dass die zu operierende Hand und ihre einzelnen Sektionen aufgrund ihrer Pathologie eine geringere Kraft auf das Messgerät ausüben konnte, zum anderen aber auch darin, dass die zu operierende Hand in der Mehrheit der Fälle die nicht dominante Seite war, welche nach Cai et al. sowohl in ihrer maximalen Gesamtkraft, als auch auf die einzelnen anatomischen Areale bezogen, geringere Kraftmaxima aufweist (Cai et al., 2018).

Prozentual betrachtet hatten präoperativ die Langfinger sowie Daumen und Handfläche im Seitenvergleich jeweils einen annähernd gleichen Anteil an der Gesamtkraft. Der größte Unterschied zeigte sich bei den Zeigefingern. Dabei hatten die Zeigefinger der zu operierenden Hände einen um 3,15 % höheren Anteil an der Gesamtkraft als die Gegenseite, was sich dadurch erklären lassen könnte, dass die Zeigefinger mit nur 6,8 % verhältnismäßig selten von einer Kontraktur betroffen waren und somit in ihrer ganzen Fläche Kraft auf die Sensormatte ausüben konnten, während Mittel-, Ring- und Kleinfinger durch die Kontraktur mit einer geringeren Fläche Kraft auf die Sensormatte aufbringen konnten. Dadurch könnte sich der höhere Anteil des Zeigefingers an der Lastverteilung auf der betroffenen Seite im Gegensatz zur nicht zu operierenden Seite erklären lassen. Den größten Anteil an der Gesamtkraft hatte an der zu operierenden Hand der Daumen, gefolgt von der Handfläche, Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und Kleinfinger mit dem geringsten Anteil an der Gesamtkraft. Bei den nicht zu operierenden Händen verhielt es sich ähnlich. Auch hier hatte der Daumen den größten Anteil, gefolgt von der Handfläche. Im Gegensatz zur zu operierenden Seite hatte nun aber der Mittelfinger den nächstgrößten Anteil, gefolgt von Zeigefinger, Ringfinger und Kleinfinger mit dem geringsten Anteil. Dass die beiden radialen Langfinger einen größeren Anteil an der Gesamtkraft haben als die beiden ulnaren Langfinger, erfassten auch Cai et al. in ihrer Studie (Cai et al., 2018). Der Grund dafür könnte in der größeren Länge von Zeige- und Mittelfinger liegen, wodurch

diese eine größere Kontaktfläche mit der Sensormatte aufweisen und damit einen größeren Anteil an der Gesamtkraft haben (Nicholas et al., 2012).

Drei Monate nach partieller Fasziektomie war die Maximalkraft der operierten Hand signifikant geringer als die der nicht operierten Seite, was nach einem operativen Eingriff und der Dauer einer Rekonvaleszenz von bis zu sechs Monaten ein zu erwartendes Ergebnis war (Birks & Bhalla, 2013). Bei Betrachtung der einzelnen Sektionen wurde deutlich, dass mit Ausnahme des Zeigefingers auch alle Langfinger sowie die Handfläche auf Seiten der operierten Hand signifikant geringere Maximalkräfte aufwiesen als die nicht operierte Hand. Trotz fehlender Signifikanz war auch die Maximalkraft des Zeigefingers drei Monate postoperativ geringer als auf der Gegenseite. Dass sich die Maximalkräfte der Zeigefinger drei Monate postoperativ nicht signifikant unterschieden, könnte darin begründet sein, dass der Zeigefinger in lediglich zwei Fällen operiert wurde und sich funktionelle Beeinträchtigungen durch Narben oder postoperative Schmerzen beim Greifen verhältnismäßig weniger auf den Zeigefinger auswirkten. Im Gegensatz dazu wurden mit Abstand am häufigsten der Ringfinger bei neun Patienten sowie der Kleinfinger bei sogar vierzehn Patienten operiert, welche drei Monate nach erfolgter Operation signifikant geringere Maximalkräfte aufwiesen als auf der nicht operierten Seite.

Bei der prozentualen Betrachtung haben sich auch drei Monate postoperativ die Anteile von Daumen, Langfingern sowie Handfläche im Seitenvergleich an der Gesamtkraft nur geringfügig verändert mit einer Differenz zwischen 0,18 % und 2,78 %. Den größten Unterschied zeigten wie schon präoperativ die Zeigefinger, wobei die Differenz geringer war als noch präoperativ. Dabei war diesmal der Anteil des Zeigefingers der nicht operierten Hand an der Gesamtkraft um 2,78 % höher als auf der Gegenseite. Weiterhin hatten die Daumen den größten Anteil, gefolgt von der Handfläche, Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und Kleinfinger mit dem geringsten Anteil an der Gesamtkraft auf beiden Seiten.

Sechs Monate postoperativ zeigten sich signifikante Unterschiede lediglich noch im Bereich der Maximalkraft des gesamten Objektes und im Bereich der Handflächen, wobei die Maximalkraft des gesamten Objektes und der Handfläche auf der Seite der

operierten Hand nach sechs Monaten weiterhin signifikant niedriger waren. Auch alle Langfinger sowie der Daumen zeigten nach sechs Monaten weiterhin eine geringere Maximalkraft als auf der Gegenseite, jedoch ohne Signifikanz wie drei Monate zuvor, was zeigt, dass sich die Kräfte der operierten Hand allmählich wieder denen der nicht operierten Hand angeglichen haben. Ob sich die Maximalkräfte der operierten Hände komplett denen der nicht operierten Hände angleichen oder diese sogar übersteigen könnten, müsste in einer Studie mit einem längeren Beobachtungszeitraum als sechs Monaten evaluiert werden, was jedoch wiederum die Dropout-Rate erhöhen würde. Auch am Ende des Beobachtungszeitraums nach sechs Monaten hatte sich der prozentuale Anteil der einzelnen Sektionen im Seitenvergleich kaum merklich geändert. Die einzige Änderung zeigte sich im Bereich der Mittelfinger, welche auf beiden Seiten nach Daumen und Handfläche nun den nächstgrößten Anteil an der Gesamtkraft hatten. Dies steht im Gegensatz zum Zustand nach drei postoperativen Monaten, wo der Zeigefinger den größten Anteil aller Langfinger hatte.

Bisher gibt es nur wenige Studien mit dem Manugraphie® System, welche Pathologien der Hand und die Ergebnisse der Therapie dieser erfasst haben. So analysierten Mühldorfer-Fodor et al. die Gesamtkraft und Lastverteilung nach mediokarpaler Teilarthrodese und totaler Handgelenksversteifung und erfassten dabei postoperativ analog zu den Ergebnissen unserer Studie eine signifikant geringere Gesamtkraft auf Seiten der operierten Hände (Mühldorfer-Fodor et al., 2015). Dabei war ein durchschnittlicher Kraftverlust von 21 % im Gegensatz zur nicht operierten Hand zu verzeichnen (Mühldorfer-Fodor et al., 2015). Ähnlich zeigte es sich auch in unserer Studie mit einer um 23 % geringeren Maximalkraft der operierten Hand im Vergleich zur Gegenseite zum Zeitpunkt drei Monate postoperativ. In Hinblick auf die Lastverteilung im Seitenvergleich zeigten sich auch in der Studie von Mühldorfer-Fodor et al. keine signifikanten Unterschiede bei der Messung mit dem großen Zylinder, wobei die Differenzen der Anteile der einzelnen Sektionen analog zu unseren Ergebnissen postoperativ bei maximal 3 % lagen (Mühldorfer-Fodor et al., 2015).

Die Lastverteilung der Hand untersuchten Mühldorfer-Fodor et al. auch an gesunden Probanden mit Hilfe des Manugraphie® Systems. Sie unterteilten die Hand in sieben Bereiche und betrachteten den prozentualen Anteil der einzelnen Bereiche an der

Gesamtkraft. In ihrer Studie konnten sie zeigen, dass sich die Lastverteilung der einzelnen Bereiche im Seitenvergleich mit einer Differenz von 1 % bis 4 % nicht signifikant unterscheidet (Mühldorfer-Fodor et al., 2017).

In unserem Fall haben wir die zu operierende und nicht zu operierende Hand verglichen. Da es kein universelles, typisches Lastverteilungsmuster der Hand gibt, sondern dieses individuell unterschiedlich ist, ist es geläufig, die Ergebnisse der untersuchten Hand mit der Gegenseite als Referenz zu vergleichen (Mühldorfer-Fodor et al., 2017). Präoperativ hat auch unsere Studie ergeben, dass sich die einzelnen Bereiche der Hand im Seitenvergleich um nur 0,46 % (Handfläche) bis 3,15 % (Zeigefinger) unterscheiden. Auch drei Monate nach partieller Fasziektomie unterschieden sich die Areale im Seitenvergleich nur wenig mit Differenzen zwischen 0,18 % (Mittelfinger) und maximal 2,78 % (Zeigefinger). Sechs Monate postoperativ waren die Unterschiede der Lastverteilung noch geringer. Sie variierten zwischen 0,06 % (Handflächen) und 1,12 % (Daumen). Diese, wenn auch nur sehr minimale, Reduktion der Unterschiede in der Lastverteilung könnte darauf hinweisen, dass die partielle Fasziektomie zu einem Angleichen der Lastverteilung beider Hände im Seitenvergleich geführt hat. Des Weiteren könnte hieraus geschlossen werden, dass die partielle Resektion der Palmaraponeurose, welche die Hand beim Greifvorgang fixiert, keinen wesentlichen Einfluss auf die Lastverteilung der Hand beim Greifen besitzt (Auld & Werntz, 2017).

Zusätzlich zum direkten Seitenvergleich haben Mühldorfer-Fodor et al. die Lastverteilung an verschiedenen Zylindergrößen verglichen und festgestellt, dass mit steigender Zylindergröße der Anteil der distalen Phalangen an der Gesamtkraft zunahm, wohingegen der Anteil der proximalen abnahm. Außerdem variierte die Lastverteilung innerhalb der verschiedenen Zylindergrößen signifikant zwischen 1 % bis 7 %, wobei der Vergleich der Daumen die größten Unterschiede erbrachte. Mühldorfer-Fodor et al. berichten von großen interindividuellen Unterschieden der Lastverteilung, wie es auch in unserer Studie reproduzierbar war, welche durch ein unterschiedliches Verhältnis der individuellen Handgrößen zur Zylindergröße begründet sein könnte. (Mühldorfer-Fodor et al., 2017)

4.2.2 Jamar® Dynamometer

Zu allen drei Untersuchungszeitpunkten war die Maximalkraft der nicht operierten Hände signifikant höher als die der operierten Hände. Im zeitlichen Verlauf war die Maximalkraft der operierten Hand nach sechs Monaten im Vergleich zum präoperativen Zustand zwar noch immer signifikant niedriger als präoperativ, stieg jedoch im Vergleich zur Kraftmessung nach drei Monaten wieder an. Damit war insgesamt ersichtlich, dass die Kraft nach partieller Fasziektomie, wie nach einer Operation zu erwarten, gesunken ist. Nach einer Erholungszeit von sechs Monaten war erkennbar, dass sich die Maximalkraft der operierten Hand allmählich wieder dem präoperativen Ausgangswert näherte, ihn jedoch nicht erreichte. Die mit dem Jamar® Dynamometer ermittelten Maximalkräfte der operierten Hände betreffend, lagen die untersuchten Probanden durchschnittlich unter den aus der Literatur bekannten Werten (Werle et al., 2009). Werle et al. ermittelten in einer Studie Referenzwerte für die durch das Jamar® Dynamometer erfasste Handkraft, unter anderem differenziert nach Geschlecht und Alter, wobei bei den teilnehmenden Probanden keine Beeinträchtigung der oberen Extremität vorliegen durfte (Werle et al., 2009). Das würde den Unterschied zu den durchschnittlich geringeren Kraftwerten der Probanden unserer Studie erklären, bei denen alle eine Pathologie der Hände aufwiesen.

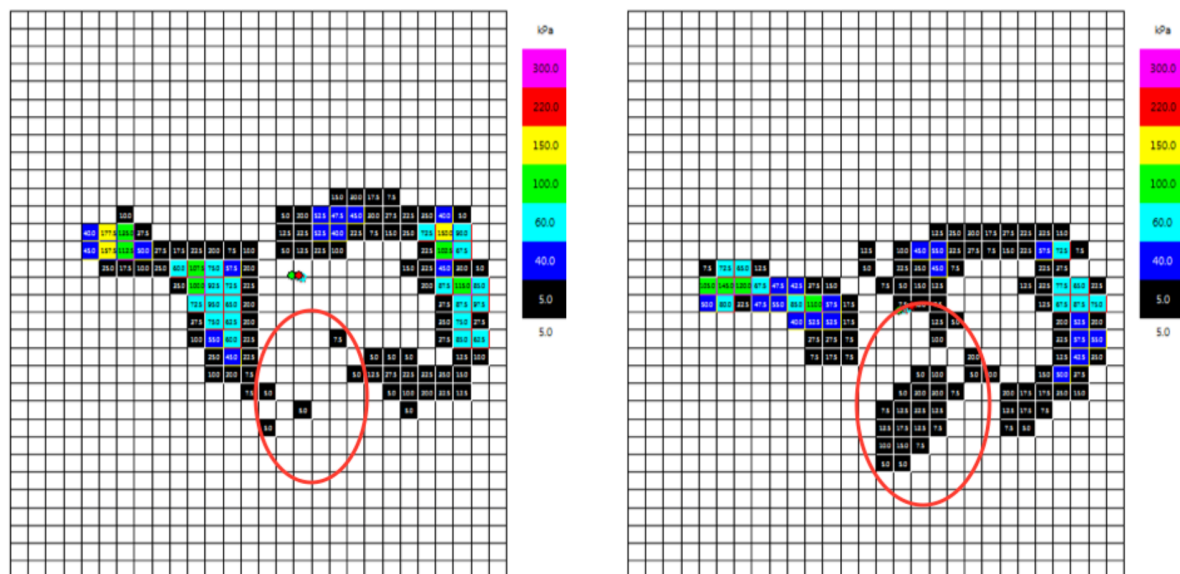
4.3 Kraftwiedergewinnung und Betrachtung der Lastverteilung im zeitlichen Verlauf

4.3.1 Manugraphie® System

Beim Vergleich der Maximalkräfte der operierten Hände zu den Zeitpunkten präoperativ und drei Monate postoperativ war ersichtlich, dass die Maximalkraft der operierten Hand in allen betrachteten Sektionen sowie der Gesamtkraft nach partieller Fasziektomie geringer war als präoperativ. Signifikant niedriger waren dabei die Maximalkräfte des Gesamtobjektes sowie des Zeigefingers. In allen anderen Bereichen zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Eine prozentuale Änderung der Lastverteilung war nur geringgradig ausgeprägt. Es war eine prozentuale Veränderung zwischen 0,17 % und 1,09 % zu verzeichnen.

Während mit Ausnahme des Mittelfingers drei Monate postoperativ alle Langfinger sowie der Daumen einen geringeren Anteil an der Gesamtkraft aufwiesen, übten Mittelfinger und Handfläche eine größere Kraft auf die Sensormatte aus als noch präoperativ. Während präoperativ einige Patienten aufgrund eines deutlichen Streckdefizits der beiden am häufigsten betroffenen Strahlen vier und fünf den Messzylinder mit der Hand nicht komplett umschließen konnten und demzufolge auch die Handfläche nicht in ihrer ganzen Fläche Kraft auf die Sensormatte ausüben konnte (Visualisierung der Sensormatte in Abb. 10/11) sowie auch der Mittelfinger in seiner Kraftausübung durch das unphysiologische Greifen eingeschränkt war, war das Streckdefizit von Ring- und Kleinfinger drei Monate postoperativ signifikant vermindert. Demzufolge konnten diese beiden Langfinger den Zylinder wieder besser umschließen, folglich auch die Handfläche in ihrer ganzen Oberfläche Druck auf die Sensormatte ausüben und auch der Mittelfinger war in seiner Kraftausübung weniger eingeschränkt. Dies erklärt den erhöhten Anteil der Handfläche an der Gesamtkraft um 1,09 % und des Mittelfingers um 1,05 % drei Monate postoperativ.



(Abbildungen 10 und 11) Druckverteilung der rechten Hand einer Patientin, deren Kleinfinger der rechten Hand operiert wurde, links: präoperativ, rechts: drei Monate postoperativ; anhand der roten Markierung ist erkennbar, dass die Handfläche postoperativ mit einer größeren Fläche zur Druckausübung auf die Sensormatte beiträgt

Sechs Monate postoperativ lagen die Kraftmaxima einiger betrachteter Bereiche der Hand sogar oberhalb des präoperativen Ausgangswertes. So war die Maximalkraft des

Gesamtobjektes, des Daumens, des Mittelfingers, des Ringfingers und der Handfläche nach sechs Monaten höher als präoperativ. Im Bereich des Mittelfingers handelte es sich dabei um einen statistisch signifikanten Unterschied. Eine mögliche Erklärung, warum gerade der Mittelfinger nach sechs Monaten eine signifikant größere Maximalkraft aufwies, könnte wie schon bei der Erklärung des erhöhten Anteils des Mittelfingers an der Gesamtkraft nach drei Monaten darin bestehen, dass durch die postoperative Minderung des Streckdefizits, welches am häufigsten und ausgeprägtesten die Ring- und Kleinfinger betraf, welche dann den Zylinder wieder besser greifen konnten, folglich auch der Griff des Mittelfingers um den Zylinder effektiver wurde. Dieser war weniger oft von der Dupuytrenschen Kontraktur befallen, musste demzufolge weniger oft operiert werden und war folglich auch weniger von Schmerzen, Steifheit durch Narbenbildung oder Gewebsverlust betroffen, sodass der Mittelfinger bei verbessertem Umfassen des Zylinders durch Ring- und Kleinfinger seine Kraft ebenfalls effektiver auf den Zylinder übertragen konnte (Beldner, 2013). Lediglich Zeige- und Kleinfinger wiesen im präoperativen Vergleich nach sechs Monaten eine geringere Maximalkraft auf. Auch wenn in diesen zwei Sektionen ein Verlust der Kraft im Vergleich zum präoperativen Zustand zu verzeichnen war, waren dennoch die Maximalkräfte aller sechs Sektionen und des Gesamtobjektes größer als nach drei Monaten. Somit zeigt sich eine Tendenz zum weiteren Anstieg der Maximalkräfte auch dieser zwei Finger.

Bei Betrachtung der prozentualen Veränderung der Lastverteilung verhielt es sich nach sechs Monaten ähnlich wie beim ersten Nachuntersuchungstermin mit einer nur sehr geringen Veränderung in der Lastverteilung. Analog zu den Ergebnissen nach drei postoperativen Monaten hatten Mittelfinger und Handfläche wie schon beim ersten postoperativen Nachuntersuchungstermin nach sechs Monaten einen größeren Anteil an der Gesamtkraft als präoperativ, was eine Konstanz des erhöhten Anteils von Mittelfinger und Handfläche an der Lastverteilung suggeriert. Weiterhin könnte sich dies ebenfalls damit begründen lassen, dass durch das nach sechs Monaten signifikant verminderte Streckdefizit von Ring- und Kleinfinger ein Umgreifen des Zylinders besser möglich war, demzufolge der Anteil der Handfläche, welcher Last auf den Zylinder ausüben konnte, vergrößert wurde und somit die Lastverteilung zu Gunsten der Handfläche verändert wurde.

4.3.2 Jamar® Dynamometer

Die mit Hilfe des Jamar® Dynamometers ermittelten Werte ergaben in Übereinstimmung der mit dem Manugraphie® System erfassten Ergebnisse eine signifikant geringere Maximalkraft nach drei postoperativen Monaten. Das entspricht auch der von Birks und Bhalla beschriebenen Rekonvaleszenzzeit von drei bis sechs Monaten nach operativer Korrektur, wobei die Handkraft bis zur vollständigen Wundheilung reduziert ist (Birks & Bhalla, 2013). Nach weiteren drei Monaten war die Maximalkraft noch immer signifikant geringer, jedoch war ein Anstieg zu verzeichnen. Dies steht im Gegensatz zu den mittels Manugraphie® System erhobenen Ergebnissen, bei denen die Maximalkraft der gesamten Hand nach sechs Monaten sogar höher war als präoperativ. Dieser Sachverhalt lässt sich am ehesten durch die unterschiedliche Beschaffenheit der Messgeräte erklären, bei der durch postoperative Narben und Schmerzen beim Umfassen der Metallgriffe des Jamar® Dynamometers geringere Kräfte ausgeübt wurden als auf die weichere Oberfläche der Drucksensormatte des Manugraphie® Systems, wodurch sich dort summativ höhere Kräfte erklären lassen könnten. Auf diese Unterschiede der Messgeräte wird bei der Diskussion der Korrelation von Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer noch genauer eingegangen.

4.4 Bewegungsausmaß

Drei Monate postoperativ wiesen alle operierten Finger ein im Durchschnitt vermindertes Streckdefizit auf, welches sich nach sechs Monaten bei fast allen Fingern noch weiter vermindert hatte. In ihrer prospektiven Kohortenstudie wiesen Engstrand et al. in Übereinstimmung mit den Ergebnissen dieser Studie eine signifikante Minderung des Streckdefizites drei Monate nach erfolgter Fasziektomie nach, welches auch über den weiteren Untersuchungszeitraum (bis zwölf Monate postoperativ) nahezu konstant blieb (Engstrand et al., 2014). Weiterhin konnten Engstrand et al. auch nach zwölf postoperativen Monaten keine Normalisierung des Bewegungsausmaßes nachweisen, woraus sich schlussfolgern lässt, dass auch bei unserem Patientenkollektiv im weiteren Verlauf keine komplette Normalisierung des Bewegungsausmaßes zu erwarten ist (Engstrand et al., 2014).

Präoperativ zeigte lediglich ein Patient eine Faustschlussstörung im Bereich des Kleinfingers. Alle anderen Patienten konnten vor partieller Fasziektomie alle Langfinger mit der Hohlhandbeugefalte berühren. Die Flexion war bei ihnen demnach unbeeinträchtigt. Drei Monate postoperativ hatte sich der Abstand aller Langfinger zur Hohlhandbeugefalte erhöht, im Bereich des Ring- und Kleinfingers, den beiden am häufigsten operierten Strahlen, sogar jeweils statistisch signifikant. Sechs Monate postoperativ zeigten alle Langfinger weiterhin eine Faustschlussstörung, jedoch ohne signifikante Unterschiede. Weiterhin war erkennbar, dass mit Ausnahme des Zeigefingers, bei welchem der Abstand von der Hohlhand nach sechs Monaten konstant blieb, alle übrigen Langfinger eine Verbesserung des Faustschlusses im Vergleich zum dritten postoperativen Monat aufwiesen. Es war also ersichtlich, dass durch die Folgen der Operation eine anfängliche Störung des Faustschlusses herbeigeführt wurde, welche im Laufe der Zeit und mit Heilung des Operationsgebietes wieder abnahm. Ob, beziehungsweise wann ein kompletter Faustschluss wieder möglich wird, müsste in einer länger angelegten Studie überprüft werden. Während in dieser Studie anhand des Abstandes der Langfinger von der Hohlhandbeugefalte eine beeinträchtigte Flexion erfasst wurde, ermittelten Engstrand et al. ein Flexionsdefizit durch Summierung der maximalen aktiven Flexion der Metacarpophalangealgelenke und proximalen sowie distalen Interphalangealgelenke jedes operierten Fingers (Engstrand et al., 2014). Auch sie verzeichneten drei Monate postoperativ eine signifikante Einschränkung der Flexion der operierten Finger, welche sowohl sechs Monate postoperativ, als auch zwölf Monate postoperativ eine Besserung zeigte, aber auch nach zwölf Monaten noch nicht wieder den präoperativen Ausgangswert erreicht hatte (Engstrand et al., 2014). Jedoch war im zeitlichen Verlauf eine klare Tendenz der Minderung des Flexionsdefizites erkennbar, woraus sich schließen lässt, dass auch bei unserem Patientenkollektiv mit einer weiteren Annäherung des Faustschlusses an den präoperativen Ausgangswert zu rechnen ist.

4.5 Sekundäre Untersuchungsparameter

Der Ausgangswert des DASH-Scores lag präoperativ bei rund 17 Punkten. Drei Monate nach der partiellen Fasziektomie war der DASH-Score nicht signifikant erhöht, der funktionelle Status der operierten Seite also geringfügig verschlechtert, was seine Ursache in Steifheit durch Narbenbildung oder postoperative Schmerzen haben kann. Sechs Monate postoperativ hatte sich der DASH-Score nicht signifikant gegenüber dem Ausgangswert auf knapp 14 vermindert. Der funktionelle Status der betroffenen Extremität hatte sich also im Verlauf gegenüber dem präoperativen Ausgangswert verbessert. Zum einen mag das daran liegen, dass postoperative Wunden abgeheilt waren. Zum anderen lag sechs Monate postoperativ die Maximalkraft des Gesamtojektes und die von Daumen, Mittelfinger, Ringfinger und Handfläche über dem präoperativen Ausgangswert. Zudem hatte sich das Bewegungsausmaß aller operierten Finger durchschnittlich verbessert, im Bereich der Ring- und Kleinfinger war das Streckdefizit sogar signifikant vermindert. Die Zusammenschau dieser und noch folgender Parameter könnte das subjektive Befinden des Patienten verbessert und somit zu einer Verbesserung des funktionellen Status und konsekutiv Verminderung des DASH-Scores beigetragen haben. Engstrand et al. differenzierten in ihrer Studie zusätzlich zwischen Patienten, bei denen lediglich ein Finger operiert wurde und solchen, bei denen mehrere Finger einer Fasziektomie unterzogen wurden und stellten dabei fest, dass der DASH-Score der Patienten mit mehreren operierten Fingern zu allen Untersuchungszeitpunkten signifikant höher war (Engstrand et al., 2014). Dieser signifikante Unterschied könnte im Ligamentum metacarpale transversum superficiale (Ligamentum natatorium) begründet gewesen sein, welches die proximale Verbindung zwischen den Fingern darstellt und somit zu einem höheren DASH-Score führte, wenn mehrere Finger von der Kontraktur betroffen waren (Engstrand et al., 2014; Langer et al., 2017). Jedoch dürfte das Ligamentum metacarpale transversum superficiale postoperativ keinen Einfluss mehr auf die Funktionalität gehabt haben, wenn dieses mitreseziert wurde. Während in unserer Studie zunächst ein Anstieg des DASH-Scores zu verzeichnen war und erst im Verlauf ein Abfall und somit Verbesserung des funktionellen Status, ermittelten Engstrand et al. direkt drei Monate postoperativ einen geringeren DASH-Score als präoperativ, welcher sich bis zwölf Monate postoperativ weiter verminderte (Engstrand et al., 2014). Die Unterschiede in der Entwicklung der

Funktionalität könnten zum einen in der Kollektivgröße liegen. So untersuchten Engstrand et al. neunzig Patienten, was möglicherweise ein repräsentativeres Abbild der Entwicklung des DASH-Scores im zeitlichen Verlauf erlaubte. Weiterhin unterschied sich das Nachbehandlungskonzept zu unserer Studie, was ebenfalls zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Funktionalität geführt haben könnte. In den von Engstrand et al. untersuchten Patientengruppen zeigte sich ein paralleler Abfall des DASH-Scores zwischen beiden Gruppen (Engstrand et al., 2014). Jester et al. konnten in einer Vergleichsstudie zeigen, dass die gesunde Bevölkerung im Schnitt einen DASH-Score von knapp 10 aufwies, somit also auch gesunde Personen subjektiv ein gewisses Maß an Funktionseinschränkung empfanden (Jester et al., 2010). Im Vergleich mit den Probanden unserer Studie, welche präoperativ einen DASH-Score von 16,65 aufwiesen, welcher sich im Verlauf auf knapp 14 nach sechs Monaten reduziert hatte, zeigte sich, dass sich die subjektive Funktionalität der oberen Extremität unserer Probanden nach Operation und Verheilen des Operationsgebietes der Funktionalität der gesunden Bevölkerung annäherte, diese aber dennoch nicht ganz erreichte (Jester et al., 2010).

Präoperativ gaben die Patienten ein durchschnittliches Schmerzniveau von 2,26 auf der numerischen Rating-Skala an, welches sich nach drei Monaten nicht signifikant erhöht hatte. Nach weiteren drei Monaten war das Schmerzniveau, wenn auch nicht signifikant, unter den präoperativen Ausgangswert gesunken, was andeutet, dass die partielle Fasziektomie im Verlauf der Zeit zu einer Reduktion des Schmerzes geführt hat. Rodrigues et al. haben in einer Studie die Validität und Reliabilität des DASH-Scores in Bezug auf den Morbus Dupuytren erfasst und dabei die Bedeutung des Schmerzes über einen definierten Zeitraum mit präoperativer und mehrmaliger postoperativer Evaluierung erfasst, wobei der Schmerz auf einer Skala von 1 (kein Schmerz) bis 5 (starker Schmerz) durch die Patienten zu beurteilen war (Rodrigues et al., 2016). Auch in dieser Studie war postoperativ eine Zunahme des Schmerzes zu verzeichnen, wohingegen der Schmerz im Verlauf wieder abnahm (Rodrigues et al., 2016). Während in unserer Studie drei Monate postoperativ noch siebzehn Patienten Beschwerden bezüglich des Schmerzempfindens äußerten, sank die Zahl weitere drei Monate später auf fünfzehn.

Etwas mehr als die Hälfte der Patienten gab am ersten Nachuntersuchungstermin an, kälteempfindlich im operierten Bereich zu reagieren. Nach weiteren drei Monaten war die Anzahl der Patienten, die unter Kälteempfindlichkeit klagten, nicht signifikant gesunken. Kälteintoleranz ist ein bekanntes Phänomen nach Verletzungen oder Operationen der Hand, wobei kaltes Wasser, eine kalte Umgebung oder auch kalte Gegenstände zu unangenehmen, reversiblen Symptomen wie Parästhesien, Taubheit oder Schmerzen über mehrere Stunden führen können (Nancarrow et al. 1996). Dass Kälteempfindlichkeit auch ein häufiges Problem nach operativer Korrektur einer Dupuytren-Kontraktur darstellt, erfassten McKirdy et al. in einem retrospektiven Review mit einer postoperativen Inzidenz der Kälteempfindlichkeit bei 44 % der Patienten, was dem Anteil unserer Probanden, welche über postoperative Kälteintoleranz klagten, nahe kommt (McKirdy et al., 2007).

Siebzehn von neunzehn Patienten klagten drei Monate postoperativ über Sensibilitätsstörungen. Am zweiten Nachuntersuchungstermin beschrieben noch sechszehn Patienten Sensibilitätsstörungen, wobei zu beiden Untersuchungszeitpunkten der Großteil der Patienten über Dysästhesien im operierten Bereich klagte. Auch Ullah et al. beschrieben in ihrer prospektiven, randomisierten Studie unmittelbar postoperativ eine erhöhte Inzidenz von Sensibilitätsstörungen, welche sich nach drei Monaten jedoch in allen Fällen normalisierten (Ullah et al., 2009). Ob ein Verlust der Sensibilität erst postoperativ entsteht oder sogar eine Komponente des Morbus Dupuytren darstellt, prüften Gerosa et al. in einer Fall-Kontroll-Studie und stellten dabei fest, dass der Morbus Dupuytren bereits präoperativ mit distalen Sensibilitätsverlusten der Finger vergesellschaftet war, was seine Ursache in einer Neuropathie oder mechanisch bedingter Nervenkompression gehabt haben könnte (Gerosa et al., 2018).

4.6 Korrelationen

4.6.1 Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer

Präoperativ konnte gezeigt werden, dass die mittels Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer ermittelten Ergebnisse hohe Korrelationen aufwiesen, sowohl auf Seiten der zu operierenden, als auch der nicht zu operierenden Hände. Je höher also die durch das Manugraphie® System erfassten Maximalkräfte waren, desto höher

waren auch die mit dem Jamar® Dynamometer ermittelten Maximalkräfte. Daraus lässt sich schließen, dass das Manugraphie® System reproduzierbare und dem Jamar® Dynamometer äquivalente Ergebnisse liefert, wie es bereits Mühldorfer-Fodor et al. in einer Studie ermittelten. Mühldorfer-Fodor et al. konnten zeigen, dass die Kräfte, die durch beide Kraftmessgeräte ermittelt wurden, hoch miteinander korrelierten und beide Systeme somit valide und konstante Kraftmessungen erlauben (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Jedoch sind die Systeme nicht direkt miteinander vergleichbar, denn während das Jamar® Dynamometer lediglich eine unidirektionale Kraftmessung zwischen zwei Griffen erlaubt und somit nicht repräsentativ für alle Anteile der Hand und Muskelaktionen ist, kann das Manugraphie® System mit seiner zylindrischen Form alle Kräfte erfassen, die durch die Hand auf die elektronische Sensormatte appliziert werden (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). So kann mit Hilfe eines zylindrischen Objektes sowohl die Gesamtkraft der Hand eines Probanden, als auch die Lastverteilung ermittelt werden (Wimer et al., 2009).

Drei Monate nach partieller Fasziektomie zeigte sich weiterhin eine positive Korrelation zwischen beiden Kraftmessgeräten. Während in Bezug auf die nicht operierten Hände wieder ein hoher positiver Zusammenhang nachweisbar war, ergab die Untersuchung der operierten Hände nur noch eine mittlere Korrelation. Weitere drei Monate später ergab der Vergleich der Messgeräte auf der nicht operierten Seite noch einen mittleren Zusammenhang, wohingegen die Korrelation auf der operierten Seite weiter abgenommen hat und nur noch einen geringen Zusammenhang zwischen beiden Messgeräten aufwies. Auffällig war also, dass während des Untersuchungszeitraumes ein mittlerer bis hoher Zusammenhang von Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer auf Seiten der nicht operierten Hände bestand, wohingegen die Korrelation der Messgeräte in Bezug auf die operierten Hände postoperativ abgenommen hatte. Dies widerspricht den von Mühldorfer-Fodor et al. beschriebenen Ergebnissen, welche, wie auch in unserer Studie präoperativ, eine signifikante hohe Korrelation zwischen beiden Messsystemen darstellte (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Der Unterschied zu unserer Studie bestand jedoch darin, dass Mühldorfer-Fodor et al. nur gesunde Probanden in ihre Studie einschlossen, welche keine Beeinträchtigungen der oberen Extremität aufwiesen. Unsere Probanden hingegen wurden einer Operation unterzogen und die Messergebnisse im zeitlichen Verlauf verglichen. Erst postoperativ zeigten die beiden Messgeräte nur noch eine mittlere bis geringe

Korrelation. Dies könnte suggerieren, dass das Manugraphie® System und das Jamar® Dynamometer in Bezug auf operierte Hände weniger vergleichbar sind. Während beim Jamar® Dynamometer die präoperative Maximalkraft sechs Monate postoperativ noch nicht wieder erreicht werden konnte und sogar signifikant niedriger war, überstieg die mit dem Manugraphie® System gemessene Gesamtkraft nach sechs Monaten sogar den präoperativen Ausgangswert.

Dabei ist zu beachten, dass die durchschnittlichen Kraftwerte, die Mühldorfer-Fodor et al. mit dem Manugraphie® System erfassten, 33 % bis 48 % höher waren als solche, die mit dem Jamar® Dynamometer gemessen wurden (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Ähnlich zeigte es sich auch in unserer Studie. Zu allen Untersuchungsterminen wies das Manugraphie® System höhere Kraftmaxima auf als das Jamar® Dynamometer. Diese Kraftunterschiede könnten in der unterschiedlichen Beschaffenheit und dem Aufbau der Messobjekte liegen. So unterscheiden sie sich beispielsweise in Material, Form, Oberflächenbeschaffenheit sowie Gewicht und können damit die Kraftmessung beeinflussen (Mühldorfer-Fodor et al., 2014). Viele Patienten berichteten subjektiv von einer angenehmeren Handhabung des Manugraphie® Systems mit seiner weichen Drucksensormatte, während der Griff um das starre Metallgehäuse des Jamar® Dynamometers durch postoperative Narbenbildung eher als unangenehm und schmerzhaft empfunden worden sein könnte, was in einer geringeren Kraftausübung auf das Jamar® Dynamometer resultiert haben könnte.

4.6.2 Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und DASH-Score

Für alle drei Untersuchungszeitpunkte wurde der Zusammenhang sowohl zwischen dem Manugraphie® System und dem DASH-Score, als auch dem Jamar® Dynamometer und dem DASH-Score für die zu operierende, respektive der operierten Hand, bestimmt. Dabei fiel präoperativ auf, dass je höher die mit beiden Geräten gemessene Maximalkraft war, desto signifikant besser auch der funktionelle Status der betroffenen Extremität war. Dies entspricht auch dem von Beumer und Lindau in einer Studie ermitteltem Ergebnis, welches zeigte, dass die Handkraft, gemessen mit dem Jamar® Dynamometer, und der DASH-Score negativ miteinander korrelierten (Beumer & Lindau 2014). Vergleichbare Studien für das Manugraphie® System gibt es bisher nicht, jedoch suggeriert das präoperative Ergebnis, dass das Manugraphie®

System durch seine gute Korrelation mit dem DASH-Score ebenso wie das Jamar® Dynamometer zu einer objektiven Betrachtung des präoperativen funktionellen Status der Hand herangezogen werden kann.

Sowohl drei Monate postoperativ als auch sechs Monate postoperativ korrelierten Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer jedoch nur noch sehr gering bis gering mit dem DASH-Score. Jester et al. prüften in einer Studie mit verschiedenen Diagnosegruppen der Hand, inwieweit der objektive Parameter Kraft mit dem subjektiv erhobenen DASH-Score korrelierte und stellten dabei fest, dass kein genereller Zusammenhang bestand (Jester et al., 2005b).

4.6.3 Manugraphie® System/Jamar® Dynamometer und Faustschlussstörung

Während beim Manugraphie® System zu allen Untersuchungszeitpunkten nur sehr geringe bis geringe Korrelationen in Bezug auf eine Faustschlussstörung feststellbar waren und somit kaum ein Zusammenhang bestand, korrelierte die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene Kraft präoperativ signifikant negativ mit der Faustschlussstörung. Je größer folglich der Abstand eines Fingers von der Hohlhand war, desto kleiner war die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene Handkraft. Ebenso verhielt es sich drei Monate postoperativ. Lediglich nach sechs Monaten korrelierte auch die mit dem Jamar® Dynamometer gemessene Handkraft sehr gering bis gering mit einer Störung des Faustschlusses. Ein Grund dafür, dass die durch das Manugraphie® System erhobene Kraft vergleichsweise unabhängig vom Ausmaß der Faustschlussstörung war, könnte darin bestehen, dass das Manugraphie® System das handlichere Messgerät darstellte, wie auch subjektiv von vielen Patienten berichtet wurde. Durch das weichere Material und die physiologisch besser greifbare zylindrische Form könnte eine Störung des Faustschlusses einen geringeren Einfluss auf die Kraftausübung auf das Manugraphie® System gehabt haben. Im Gegensatz dazu stellte das Jamar® Dynamometer für viele Patienten die unhandlichere Variante dar. Einige Probanden berichteten während der Kraftausübung sogar über Druckschmerzen im Bereich der metallenen Griffe. Dies könnte dazu geführt haben, dass eine ausgeprägtere Störung des Faustschlusses in einer verminderten Kraftausübung auf das Jamar® Dynamometer mündete.

5 Zusammenfassung

Den Goldstandard zur Handkraftmessung stellt heute das Jamar® Dynamometer dar (Roberts et al., 2011). Da es lediglich die Gesamtkraft der Hand messen kann, jedoch keine Aussage über die Lastverteilung ermöglicht wird, ist seine Aussagekraft bezüglich Pathologien, die nur spezielle Areale der Hand betreffen, begrenzt (Cai et al., 2018). In unserer Studie verwendeten wir deshalb neben dem Jamar® Dynamometer das Manugraphie® System der Firma *novel* aus München und untersuchten am Beispiel des Morbus Dupuytren zum einen die Maximalkräfte und die prozentuale Lastverteilung im Seitenvergleich. Weiterhin wurde der zeitliche Verlauf der Kraftwiedergewinnung betrachtet sowie die Frage bearbeitet, ob die partielle Fasziektomie zu einer prozentualen Veränderung der Lastverteilung der Hand führt. Dafür wurden neunzehn am Morbus Dupuytren erkrankte konsekutive Probanden präoperativ sowie drei Monate und sechs Monate nach erfolgter partieller Fasziektomie untersucht. Das Manugraphie® System ist ein neues Verfahren, um die Handkraft während der Greifvorganges zu messen. Durch seine zylindrische Form und einer speziellen Sensormatte ist es möglich, sowohl die Gesamtkraft als auch die Kräfte aller einzelnen Finger sowie der Handfläche separat voneinander zu detektieren.

Präoperativ waren die Kraftmaxima der gesamten Hand und fast aller Langfinger der betroffenen Hand geringer als auf der Gegenseite. Drei Monate postoperativ wiesen nahezu alle betrachteten Sektionen auf der operierten Seite signifikant geringere Kraftmaxima auf als auf der nicht operierten Seite. Sechs Monate postoperativ waren die Maximalkräfte der operierten Hand in allen Sektionen weiterhin niedriger als auf der Gegenseite, jedoch nur noch im Bereich der Handfläche und auf die Gesamtkraft bezogen signifikant.

Im Seitenvergleich ergab die Studie in Bezug auf die Lastverteilung, dass präoperativ alle mit dem Manugraphie® System untersuchten Sektionen der Hand sowohl auf der zu operierenden, als auch auf der nicht zu operierenden Seite prozentual jeweils einen annähernd gleichen Anteil an der Gesamtkraft hatten. Den größten Anteil hatten an der zu operierenden Hand die Daumen, gefolgt von Handfläche, Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und zuletzt Kleinfinger mit dem geringsten Anteil an der

Gesamtkraft. Auch bei den nicht zu operierenden Händen hatten die Daumen den größten Anteil, gefolgt von der Handfläche. Im Gegensatz zur Gegenseite hatten nun aber die Mittelfinger den nächstgrößten Anteil, gefolgt von Zeigefinger, Ringfinger und Kleinfinger mit dem geringsten Anteil. Auch drei Monate postoperativ haben sich bei der prozentualen Betrachtung die Anteile von Daumen, Langfingern, sowie Handfläche im Seitenvergleich an der Gesamtkraft nur geringfügig verändert. Am Ende des Beobachtungszeitraums nach sechs Monaten hatte sich der prozentuale Anteil der einzelnen Sektionen im Seitenvergleich ebenfalls kaum merklich geändert. Lediglich im Bereich der Mittelfinger zeigte sich eine Veränderung, welche auf beiden Seiten nach Daumen und Handfläche nun den nächstgrößten Anteil an der Gesamtkraft hatten. Die minimalen Unterschiede der Lastverteilung im Seitenvergleich reduzierten sich bei jedem Untersuchungstermin noch weiter, was suggerieren könnte, dass die partielle Fasziektomie zu einem Angleichen der Lastverteilung beider Hände im Seitenvergleich geführt hat.

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Veränderung der Lastverteilung war ersichtlich, dass präoperativ und drei Monate postoperativ eine prozentuale Änderung nur gering ausgeprägt war. Während bis auf den Mittelfinger drei Monate postoperativ alle Langfinger und der Daumen einen geringeren Anteil an der Gesamtkraft aufwiesen, übten Mittelfinger und Handfläche eine größere Kraft auf die Sensormatte aus als präoperativ. Analog zu den Ergebnissen nach drei postoperativen Monaten hatten Daumen, Zeigefinger, Ringfinger und Kleinfinger sechs Monate postoperativ einen geringeren Anteil an der Gesamtkraft als präoperativ. Mittelfinger und Handfläche hatten jedoch, ebenfalls wie beim ersten postoperativen Nachuntersuchungstermin, nach sechs Monaten einen größeren Anteil an der Gesamtkraft als präoperativ.

Während also im Verlauf prozentual kaum eine Veränderung der Lastverteilung zu verzeichnen war, war zusammenfassend jedoch über den zeitlichen Verlauf der Wiedergewinnung der absoluten Kraft festzustellen, dass nach drei Monaten die Maximalkraft des Gesamtobjektes gesunken war, sich nach sechs Monaten aber wieder erholt hatte und die präoperative Ausgangskraft sogar überstieg. Ebenso verhielt es sich beim Daumen, Mittelfinger, Ringfinger und Handfläche. Nur Zeige- und Kleinfinger wiesen drei Monate postoperativ zwar ebenfalls eine geringere Maximalkraft auf als zum präoperativen Zeitpunkt und zeigten nach sechs Monaten

wieder einen leichten Anstieg der Maximalkraft, erreichten jedoch im Gegensatz zu den übrigen betrachteten Sektionen den präoperativen Ausgangswert nicht.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die partielle Fasziektomie zu keiner wesentlichen Veränderung der prozentualen Lastverteilung geführt hat. Jedoch hatte sich der Absolutwert der Gesamtkraft sechs Monate postoperativ erhöht, genauso wie die Maximalkräfte von Daumen, Mittelfinger, Ringfinger und Handfläche, im Bereich des Mittelfingers sogar signifikant. Lediglich Zeigefinger und Kleinfinger zeigten sechs Monate nach der Operation eine Minderung des Kraftmaximums im Vergleich zum Ausgangswert, jedoch nicht signifikant. In Zusammenschau mit weiteren untersuchten Parametern, wie dem nach sechs Monaten verminderten DASH-Score, sprich verbesserter Funktionalität der oberen Extremität sowie vermindertem Streckdefizit aller Finger mit signifikant geringerem Streckdefizit im Bereich der beiden am häufigsten betroffenen und somit am häufigsten operierten beiden ulnaren Strahlen und vermindertem Schmerzniveau, lässt sich durch die detailliertere Analyse mit dem Manugraphie® System schlussfolgern, dass die partielle Fasziektomie zwar nicht zu einer wesentlichen Änderung der Lastverteilung geführt hat. Jedoch konnte gezeigt werden, dass die Gesamtkraft sowie die Maximalkräfte von Daumen, Mittelfinger, Ringfinger und Handfläche über dem präoperativen Ausgangswert lagen und die Patienten sowohl in Hinsicht auf eine verbesserte Funktionalität als auch eine erhöhte Gesamtkraft der Hand und der meisten Sektionen von der partiellen Fasziektomie profitiert haben.

6 Limitation und Ausblick

Eine Limitation dieser Studie ist das relativ kleine Patientenkollektiv. Eine höhere Anzahl an Probanden würde die Ergebnisse repräsentativer machen.

Im zeitlichen Verlauf sind Tendenzen der Kraftentwicklung erkennbar. Um zu erfassen, wie sich die Kraft weiter entwickelt und um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu schaffen, müsste der Beobachtungszeitraum verlängert werden.

In unserer Studie teilten wir die anatomischen Regionen der Hand in sechs Areale ein (Daumen, Langfinger, Handfläche). In der Literatur findet teilweise zusätzlich eine Unterteilung in Thenar und Hypothenar statt. Dies erschwert die Vergleichbarkeit unserer Ergebnisse mit der Literatur.

Wir untersuchten sowohl Patienten mit der Erstdiagnose eines Morbus Dupuytren als auch Rezidivfälle. Eine Unterscheidung dieser Patientengruppen würde differenziertere Ergebnisse erlauben und möglicherweise Unterschiede in der Kraftentwicklung und Lastverteilung aufzeigen.

Bisher gibt es nur wenige Studien mit dem Manugraphie® System, die sich mit Pathologien der Hand und deren Therapie beschäftigen. Keine dieser Studien thematisiert einen Verlauf von präoperativen Messwerten bis hin zur Kraftwiedererlangung beziehungsweise Änderung der Lastverteilung im zeitlichen Verlauf. Um die Ergebnisse unserer Studie besser vergleichen zu können, sind weitere Studien mit dem Manugraphie® System erforderlich, die einen zeitlichen Verlauf im Rahmen der Therapie anderer Pathologien der Hand betrachten. Weiterhin könnten in diesem Zusammenhang alternative Therapieformen einer Pathologie und deren Effekt auf Kraft und Lastverteilung sowie deren Verlauf über die Zeit evaluiert werden. Unsere Studie zeigte postoperativ nur geringe bis mittlere Korrelationen zwischen Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer. Interessant wäre es, diesen Zusammenhang im Rahmen anderer Erkrankungen und Interventionen der Hand zu klären.

7 Thesen

- Das Jamar® Dynamometer erfasst lediglich die Gesamtkraft der Hand.
- Das Manugraphie® System ermöglicht neben der Messung der Gesamtkraft Aussagen über die Lastverteilung einzelner Areale der Hand und ermöglicht somit differenziertere Ergebnisse.
- Zu allen Untersuchungszeitpunkten zeigen sich im Seitenvergleich in fast allen Sektionen geringere Maximalkräfte an der betroffenen Hand, welche am ersten Nachuntersuchungstermin in nahezu allen betrachteten Sektionen signifikant sind.
- Die partielle Fasziektomie führt zu einer Minderung der Kraftmaxima aller Sektionen nach drei Monaten. Nach sechs Monaten sind die Kraftmaxima in fast allen Sektionen höher als präoperativ.
- Die Operation bewirkt im Seitenvergleich ein geringfügiges Angleichen der Lastverteilung.
- Im zeitlichen Verlauf führt die partielle Fasziektomie zu keiner wesentlichen Veränderung der prozentualen Lastverteilung.
- Die partielle Resektion der Palmaraponeurose hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Lastverteilung der Hand beim Greifen.
- Die partielle Fasziektomie führt zu einer verbesserten Funktionalität und einer höheren Kraft der betroffenen Hand.
- Das Manugraphie® System ermöglicht durch seine bessere Handhabbarkeit höhere Kräfte als das Jamar® Dynamometer.

- Postoperativ herrschen zwischen beiden Untersuchungsgeräten nur geringe bis mittlere Korrelationen, daher sind Manugraphie® System und Jamar® Dynamometer in Bezug auf operierte Hände weniger vergleichbar.
- Die durch das Manugraphie® System erhobene Kraft ist vergleichsweise unabhängig vom Ausmaß der Faustschlussstörung.

8 Literaturverzeichnis

(1) novel (2015) Manugraphie – Hand Diagnostik zugegriffen am 22.04.2018
http://novel.de/novelcontent/images/files/pliance_manugraphie_de_web_low.pdf

(2) novel (2014) pliance-x system manual, Version 24 [CD-ROM], München

(3) Cohen J (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, Hillsdale, New Jersey

Akhavani, M. A., McMurtrie, A., Webb, M. & Muir, L. 2015. A review of the classification of Dupuytren's disease. *J Hand Surg Eur Vol*, 40(2), pp 155-65.

Auld, T. & Werntz, J. R. 2017. Dupuytren's disease: How to recognize its early signs. *J Fam Pract*, 66(3), pp E5-E10.

Ball, C., Izadi, D., Verjee, L. S., Chan, J. & Nanchahal, J. 2016. Systematic review of non-surgical treatments for early dupuytren's disease. *BMC Musculoskelet Disord*, 17(1), pp 345.

BECHTOL, C. O. 1954. Grip test; the use of a dynamometer with adjustable handle spacings. *J Bone Joint Surg Am*, 36-A(4), pp 820-4; passim.

Beldner, S. 2013. Dupuytren's contracture. *Orthopedics*, 36(12), pp 929-30.

Beumer, A. & Lindau, T. R. 2014. Grip strength ratio: a grip strength measurement that correlates well with DASH score in different hand/wrist conditions. *BMC Musculoskelet Disord*, 15(336).

Birks, M. & Bhalla, A. 2013. Dupuytren's disease. *Surgery*, 31(4), pp 177-180.

Bohannon, R. W. 2001. Dynamometer measurements of hand-grip strength predict multiple outcomes. *Percept Mot Skills*, 93(2), pp 323-8.

Bohannon, R. W. 2015. Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 18(5), pp 465-70.

- Broekstra, D. C., Groen, H., Molenkamp, S., Werker, P. M. N. & van den Heuvel, E. R. 2018. A Systematic Review and Meta-Analysis on the Strength and Consistency of the Associations between Dupuytren Disease and Diabetes Mellitus, Liver Disease, and Epilepsy. *Plast Reconstr Surg*, 141(3), pp 367e-379e.
- Bruner, J. M. 1967. The zig-zag volar-digital incision for flexor-tendon surgery. *Plast Reconstr Surg*, 40(6), pp 571-4.
- Cai, A., Pingel, I., Lorz, D., Beier, J. P., Horch, R. E. & Arkudas, A. 2018. Force distribution of a cylindrical grip differs between dominant and nondominant hand in healthy subjects. *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(9), pp 1323-1331.
- Citron, N. & Hearnden, A. 2003. Skin tension in the aetiology of Dupuytren's disease; a prospective trial. *J Hand Surg Br*, 28(6), pp 528-30.
- De Keersmaecker, A. & Vanhoenacker, F. 2016. Imaging Features of Knuckle Pads. *J Belg Soc Radiol*, 100(1), pp 67.
- Descatha, A., Carton, M., Mediouni, Z., Dumontier, C., Roquelaure, Y., Goldberg, M., Zins, M. & Leclerc, A. 2014. Association among work exposure, alcohol intake, smoking and Dupuytren's disease in a large cohort study (GAZEL). *BMJ Open*, 4(1), pp e004214.
- Eaton, C. 2014. Evidence-based medicine: Dupuytren contracture. *Plast Reconstr Surg*, 133(5), pp 1241-51.
- Eckerdal, D., Nivestam, A. & Dahlin, L. B. 2014. Surgical treatment of Dupuytren's disease - outcome and health economy in relation to smoking and diabetes. *BMC Musculoskelet Disord*, 15(117).
- Engstrand, C., Krevers, B., Nylander, G. & Kvist, J. 2014. Hand function and quality of life before and after fasciectomy for Dupuytren contracture. *J Hand Surg Am*, 39(7), pp 1333-1343.e2.
- Geoghegan, J. M., Forbes, J., Clark, D. I., Smith, C. & Hubbard, R. 2004. Dupuytren's disease risk factors. *J Hand Surg Br*, 29(5), pp 423-6.

- Germann, G., Harth, A., Wind, G. & Demir, E. 2003. [Standardisation and validation of the German version 2.0 of the Disability of Arm, Shoulder, Hand (DASH) questionnaire]. *Unfallchirurg*, 106(1), pp 13-9.
- Gerosa, T., Pierrart, J., Serane-Fresnel, J., Amsallem, L. & Masméjean, E. H. 2018. Distal sensory disorders in Dupuytren's disease. *Orthop Traumatol Surg Res*, 104(6), pp 897-900.
- Gutiérrez-Martínez, J., Ortiz-Espinosa, A., Hernández-Rodríguez, P. R. & Núñez-Gaona, M. A. 2014. System to measure the range of motion of the joints of the human hand. *Rev Invest Clin*, 66 Suppl 1(S122-30).
- Haase, S. C. & Chung, K. C. 2018. Bringing It All Together: A Practical Approach to the Treatment of Dupuytren Disease. *Hand Clin*, 34(3), pp 427-436.
- Hahn, P. 2017. [Epidemiology of Dupuytren's disease]. *Orthopade*, 46(4), pp 298-302.
- Hamilton, G. F., McDonald, C. & Chenier, T. C. 1992. Measurement of grip strength: validity and reliability of the sphygmomanometer and jamar grip dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*, 16(5), pp 215-9.
- Henry, M. 2014. Dupuytren's disease: current state of the art. *Hand (N Y)*, 9(1), pp 1-8.
- Hindocha, S., John, S., Stanley, J. K., Watson, S. J. & Bayat, A. 2006. The heritability of Dupuytren's disease: familial aggregation and its clinical significance. *J Hand Surg Am*, 31(2), pp 204-10.
- Hindocha, S., McGrouther, D. A. & Bayat, A. 2009. Epidemiological evaluation of Dupuytren's disease incidence and prevalence rates in relation to etiology. *Hand (N Y)*, 4(3), pp 256-69.
- Hudak, P. L., Amadio, P. C. & Bombardier, C. 1996. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*, 29(6), pp 602-8.

- Hunsaker, F. G., Cioffi, D. A., Amadio, P. C., Wright, J. G. & Caughlin, B. 2002. The American academy of orthopaedic surgeons outcomes instruments: normative values from the general population. *J Bone Joint Surg Am*, 84(2), pp 208-15.
- Hurst, L. C., Badalamente, M. A., Hentz, V. R., Hotchkiss, R. N., Kaplan, F. T., Meals, R. A., Smith, T. M., Rodzvilla, J. & Group, C. I. S. 2009. Injectable collagenase clostridium histolyticum for Dupuytren's contracture. *N Engl J Med*, 361(10), pp 968-79.
- Jester, A., Harth, A., Rauch, J. & Germann, G. 2010. [DASH data of non-clinical versus clinical groups of persons--a comparative study of T-norms for clinical use]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 42(1), pp 55-64.
- Jester, A., Harth, A., Wind, G., Germann, G. & Sauerbier, M. 2005a. Disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) questionnaire: Determining functional activity profiles in patients with upper extremity disorders. *J Hand Surg Br*, 30(1), pp 23-8.
- Jester, A., Harth, A., Wind, G., Germann, G. & Sauerbier, M. 2005b. [Does the disability of shoulder, arm and hand questionnaire (DASH) replace grip strength and range of motion in outcome-evaluation?]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 37(2), pp 126-30.
- Kerr, A., Syddall, H. E., Cooper, C., Turner, G. F., Briggs, R. S. & Sayer, A. A. 2006. Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age Ageing*, 35(1), pp 82-4.
- Langer, M. F., Grünert, J., Unglaub, F., Wieskötter, B. & Oeckenpöhler, S. 2017. [The fibrous skeleton of the hand : Changes with Dupuytren's contracture]. *Orthopade*, 46(4), pp 303-314.
- Lanting, R., Broekstra, D. C., Werker, P. M. & van den Heuvel, E. R. 2014. A systematic review and meta-analysis on the prevalence of Dupuytren disease in the general population of Western countries. *Plast Reconstr Surg*, 133(3), pp 593-603.
- Mansha, M., Flynn, D. & Stothard, J. 2017. Safety and Effectiveness of Percutaneous Needle Fasciotomy for Dupuytren's Disease in the Palm. *J Hand Microsurg*, 9(3), pp 115-119.

- Mathiowetz, V. 2002. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int*, 9(3), pp 201-9.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G. & Kashman, N. 1984. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am*, 9(2), pp 222-6.
- McKirdy, S. W., Jacobs, N., Nassab, R., Starley I. F. 2007. A retrospective Review of cold intolerance following corrective surgery for Dupuytren's Disease. *British J Hand Ther* 12(2), pp 55-59.
- Mühldorfer-Fodor, M., Ziegler, S., Harms, C., Neumann, J., Cristalli, A., Kalpen, A., Kundt, G., Mittlmeier, T. & Prommersberger, K. J. 2014. Grip force monitoring on the hand: Manugraphy system versus Jamar dynamometer. *Arch Orthop Trauma Surg*, 134(8), pp 1179-88.
- Mühldorfer-Fodor, M., Reger, A., Schoonhoven, J., Mittlmeier, T. & Prommersberger, K. J. 2015. The Effect of Midcarpal Versus Total Wrist Fusion on the Hand's Load Distribution During Gripping. *J Hand Surg Am*, 40(11), pp 2183-90.
- Mühldorfer-Fodor, M., Ziegler, S., Harms, C., Neumann, J., Kundt, G., Mittlmeier, T. & Prommersberger, K. J. 2017. Load distribution of the hand during cylinder grip analyzed by Manugraphy. *J Hand Ther*.
- Nancarrow, J. D., Rai, S. A., Sterne, G. D. & Thomas, A. K. 1996. The natural history of cold intolerance of the hand. *Injury*, 27(9), pp 607-11.
- Nicholas, J. W., Corvese, R. J., Woolley, C. & Armstrong, T. J. 2012. Quantification of hand grasp force using a pressure mapping system. *Work*, 41 Suppl 1(605-12).
- Palmer, K. T., D'Angelo, S., Syddall, H., Griffin, M. J., Cooper, C. & Coggon, D. 2014. Dupuytren's contracture and occupational exposure to hand-transmitted vibration. *Occup Environ Med*, 71(4), pp 241-5.
- Reichert, B. & Baringer, M. 2018. [Preferred treatment options of German hand surgeons in Dupuytren disease]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 50(3), pp 196-201.

- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C. & Sayer, A. A. 2011. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*, 40(4), pp 423-9.
- Rodrigues, J., Zhang, W., Scammell, B., Russell, P., Chakrabarti, I., Fullilove, S., Davidson, D. & Davis, T. 2016. Validity of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand patient-reported outcome measure (DASH) and the Quickdash when used in Dupuytren's disease. *J Hand Surg Eur Vol*, 41(6), pp 589-99.
- Shaw, R. B., Chong, A. K., Zhang, A., Hentz, V. R. & Chang, J. 2007. Dupuytren's disease: history, diagnosis, and treatment. *Plast Reconstr Surg*, 120(3), pp 44e-54e.
- Soreide, E., Murad, M. H., Denbeigh, J. M., Lewallen, E. A., Dudakovic, A., Nordsletten, L., van Wijnen, A. J. & Kakar, S. 2018. Treatment of Dupuytren's contracture: a systematic review. *Bone Joint J*, 100-B(9), pp 1138-1145.
- Syddall, H. E., Martin, H. J., Harwood, R. H., Cooper, C. & Aihie Sayer, A. 2009. The SF-36: a simple, effective measure of mobility-disability for epidemiological studies. *J Nutr Health Aging*, 13(1), pp 57-62.
- Trampisch, U. S., Franke, J., Jedamzik, N., Hinrichs, T. & Platen, P. 2012. Optimal Jamar dynamometer handle position to assess maximal isometric hand grip strength in epidemiological studies. *J Hand Surg Am*, 37(11), pp 2368-73.
- Trojian, T. H. & Chu, S. M. 2007. Dupuytren's disease: diagnosis and treatment. *Am Fam Physician*, 76(1), pp 86-9.
- Tubiana, R. 1986. Evaluation of deformities in Dupuytren's disease. *Ann Chir Main*, 5(1), pp 5-11.
- Tubiana, R., Michon, J. & Thomine, J. M. 1968. Scheme for the assessment of deformities in Dupuytren's disease. *Surg Clin North Am*, 48(5), pp 979-84.
- Ullah, A. S., Dias, J. J. & Bhowal, B. 2009. Does a 'firebreak' full-thickness skin graft prevent recurrence after surgery for Dupuytren's contracture?: a prospective, randomised trial. *J Bone Joint Surg Br*, 91(3), pp 374-8.

- van Rijssen, A. L., ter Linden, H. & Werker, P. M. 2012. Five-year results of a randomized clinical trial on treatment in Dupuytren's disease: percutaneous needle fasciotomy versus limited fasciectomy. *Plast Reconstr Surg*, 129(2), pp 469-77.
- Vesper, U. S., Mehling, I. M., Arsalan-Werner, A. & Sauerbier, M. 2017. [Primary intervention in Dupuytren's disease]. *Orthopade*, 46(4), pp 336-341.
- Werle, S., Goldhahn, J., Drerup, S., Simmen, B. R., Sprott, H. & Herren, D. B. 2009. Age- and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population. *J Hand Surg Eur Vol*, 34(1), pp 76-84.
- Wichelhaus, A., Harms, C., Neumann, J., Ziegler, S., Kundt, G., Prommersberger, K. J., Mittlmeier, T. & Mühldorfer-Fodor, M. 2018. Parameters influencing hand grip strength measured with the manugraphy system. *BMC Musculoskelet Disord*, 19(1), pp 54.
- Williams, N. 2014. Dash. *Occup Med (Lond)*, 64(1), pp 67-8.
- Wimer, B., Dong, R. G., Welcome, D. E., Warren, C. & McDowell, T. W. 2009. Development of a new dynamometer for measuring grip strength applied on a cylindrical handle. *Med Eng Phys*, 31(6), pp 695-704.

9 Anhang

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung

- | | |
|-------|---|
| 1 | Jamar® Dynamometer: seitliche Ansicht, dritte Griffposition |
| 2 | Jamar® Dynamometer: frontale Ansicht |
| 3 | Manugraphie® System mit großem (blau) und kleinem (schwarz) Zylinder |
| 4 | links: Druckverteilung der rechten Hand, rechts: Maximalkraft über alle Bilder |
| 5/6 | links: Versuchsaufbau; Patient beim zweiten postoperativen Termin, Messung der Handkraft der rechten Hand mit dem großen Zylinder, rechts: korrekte Position der Hand |
| 7 | Goniometer |
| 8 | Boxplots für die präoperativ, drei Monate postoperativ ($p=0,036$) und sechs Monate postoperativ ($p=0,334$) mittels Manugraphie® System ermittelte Maximalkraft der operierten Hand |
| 9 | Boxplots für die präoperativ, drei Monate postoperativ ($p=0,002$) und sechs Monate postoperativ ($p=0,022$) mittels Jamar® Dynamometer ermittelte Maximalkraft der operierten Hand |
| 10/11 | Druckverteilung der rechten Hand einer Patientin, deren Kleinfinger der rechten Hand operiert wurde, links: präoperativ, rechts: drei Monate postoperativ; anhand der roten Markierung ist erkennbar, dass die Handfläche postoperativ mit einer größeren Fläche zur Druckausübung auf die Sensormatte beiträgt |

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle

- 1 Stadieneinteilung nach Tubiana
- 2 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels Manugraphie® System präoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s =Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p =Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 3 Präoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich
- 4 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels Manugraphie® System drei Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s =Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p =Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 5 Drei Monate postoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich
- 6 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und statistischer Vergleich der mittels Manugraphie® System sechs Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima in Newton der Hände im Seitenvergleich, \bar{x} =Mittelwert, s =Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p =Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 7 Sechs Monate postoperativ: prozentualer Anteil von Daumen, Zeige-, Mittel-, Ring-, Kleinfinger und Handfläche an der Gesamtkraft sowie Differenz im Seitenvergleich

- 8 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer präoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 9 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer drei Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 10 Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Signifikanz der mittels Jamar® Dynamometer sechs Monate postoperativ erhobenen Kraftmaxima der Hände im Seitenvergleich, N=Newton, kg=Kilogramm, \bar{x} =Mittelwert, s=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, p=Signifikanz (Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$)
- 11 Manugraphie® System, statistische Ergebnisse des Vergleichs der Maximalkräfte in Newton der einzelnen Sektionen der operierten Hand präoperativ und drei Monate postoperativ mittels Wilcoxon-Test, p=Signifikanz, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$
- 12 Manugraphie® System, statistische Ergebnisse des Vergleichs der Maximalkräfte in Newton der einzelnen Sektionen der operierten Hand präoperativ und sechs Monate postoperativ mittels Wilcoxon-Test, p=Signifikanz, Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$
- 13 Durchschnittliches Streckdefizit in Grad von Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und Kleinfinger präoperativ, drei Monate sowie sechs Monate postoperativ
- 14 Präoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der zu operierenden Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, *=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant, N=Newton
- 15 Drei Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, N=Newton

- 16 Sechs Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der mittels DASH-Fragebogen erhobenen Funktionalität der Hand, N=Newton
- 17 Drei Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der Faustschlussstörung, **=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant, *=die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant, N=Newton, FSS=Faustschlussstörung
- 18 Sechs Monate postoperativ: Zusammenhang der mit den Messgeräten ermittelten Maximalkräfte der operierten Hand und der Faustschlussstörung, N=Newton, FSS=Faustschlussstörung

9.3 Abkürzungsverzeichnis

α	Signifikanzniveau
Abb.	Abbildung
cm	Zentimeter
DASH	Disabilities of Arm, Shoulder and Hand
Dig	Digitus
Dig I	Daumen
Dig II	Zeigefinger
Dig III	Mittelfinger
Dig IV	Ringfinger
Dig V	Kleinfinger
F	Gewichtskraft
FSS	Faustschlussstörung
g	Fallbeschleunigung
kg	Kilogramm
m	Masse
mm	Millimeter
Max	Maximum
Min	Minimum
N	Newton
NRS	numerische Rating-Skala
p	Signifikanz
r	Reliabilität
s	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
\bar{x}	Mittelwert
°	Grad
%	Prozent

9.4 Einwilligungserklärung



Abt. für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Studienleiter:

Dr. med. Alice Wichelhaus, Leiterin Arbeitsbereich Handchirurgie, Chirurgische Universitätsklinik Rostock

Studienplanung und Analyse:

Dr. med. Alice Wichelhaus, Leiterin Arbeitsbereich Handchirurgie, Chirurgische Universitätsklinik Rostock

Klinikdirektor:

Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier, Direktor der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Chirurgische Universitätsklinik Rostock, Schillingallee 35, 18057 Rostock

Einwilligungserklärung

Studie „Handkraftmessung vor und nach operativer Behandlung einer Dupuytren-Kontraktur“

Hiermit erkläre ich, _____, dass
Name, Vorname; Geburtsdatum

- ich die Patienteninformation über die o.g. Studie gelesen und verstanden habe. Ich hatte ausreichend Zeit, mich für oder gegen die Teilnahme zu entscheiden. Ich habe Gelegenheit erhalten, Fragen zu stellen. Diese wurden mir ausführlich beantwortet. Ich werde auch im weiteren Verlauf der Studie zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit haben, Fragen zum Studienablauf zu stellen.
- mir bekannt ist, dass Teilnahme freiwillig erfolgt und dass ich meine Zustimmung jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen kann, ohne dass meine medizinische Versorgung oder meine gesetzlich festgeschriebenen Rechte davon beeinträchtigt werden.

Ich gebe hiermit meine Einwilligung zur Teilnahme an der genannten Studie.

.....
(Name des Patienten)

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift des Patienten)

Hiermit erkläre ich, den/die o.g. Studienteilnehmer/in am _____ über Wesen, Bedeutung, Tragweite und Risiken der o.g. Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt und ihm/ihr eine Ausfertigung der Information sowie dieser Einwilligungserklärung übergeben zu haben.

Studienarzt

Ort, Datum

Unterschrift

INFORMATION UND EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG ZUM DATENSCHUTZ

Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Sie erhoben. Die Speicherung, Auswertung und Weitergabe dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der Studie folgende freiwillige Einwilligung voraus:

Mir ist bekannt, dass meine Daten verschlüsselt (pseudonymisiert) aufbewahrt und verarbeitet und die anonymisierten Studienergebnisse veröffentlicht werden. Ich gebe hierfür meine Einwilligung. Weiterhin wurde ich über meine Rechte gemäß § 6 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) informiert.

Im Falle einer Beendigung der Studienteilnahme meinerseits stimme ich einer anonymen Auswertung meiner bis dahin erhobenen Daten zu.

.....
(Name des Patienten)

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift des Patienten)

9.5 Patienteninformation

Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Klinikdirektor

Professor Dr. med. Thomas Mittlmeier, Leiter der Abt. für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universität Greifswald, ukb

Verantwortlicher Studienarzt, Studienleitung:

Dr. med. Alice Wichelhaus, Leiterin Arbeitsbereich Handchirurgie, Chirurgische Universitätsklinik Rostock

Studie “Handkraftmessung vor und nach operativer Behandlung einer Dupuytren-Kontraktur“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie leiden unter einer Beugekontraktur der Finger aufgrund eines Morbus Dupuytren, die zu einer Funktionsbeeinträchtigung der Hand geführt hat und eine Operation notwendig macht. Wir möchten Sie bitten, an einer Studie teilzunehmen, die ein neues elektronisches Kraftmessverfahren mit einem gängigen Kraftmessgerät vergleicht.

Bitte lesen Sie diese Patienteninformation sorgfältig durch. Ihr Arzt wird mit Ihnen auch direkt über die Studie sprechen. Bitte fragen Sie, wenn Sie etwas nicht verstehen oder zusätzlich wissen möchten.

Welchen Zweck und Ablauf hat die Studie?

Zur Behandlung des Morbus Dupuytren wird der erkrankte Teil der sogenannten Palmarfaszie an Ihrer Hand operativ entfernt. Anschließend wird eine Beübung mit krankengymnastischer oder ergotherapeutischer Hilfe notwendig.

Durch diese Studie soll geprüft werden, ob die operative Fasziektomie zu einer Veränderung der Lastverteilung an der operierten Hand führt und ob mit dem neuen Messverfahren Manugrafie tatsächlich genauere und reproduzierbare Daten erhoben werden können. Das verwendete Gerät wurde bereits in zwei Studien bei anderen Erkrankungen der Hand erprobt.

Vor der Operation und drei sowie 6 Monate nach der Operation möchten wir eine Kraftmessung Ihrer beiden Hände durchführen, wobei jeweils drei Versuchsdurchgänge mit dem herkömmlichen und mit dem neuen Messgerät erforderlich sind. Jede dieser drei Untersuchungen dauert ca. 20 Minuten.

Nach der Operation werden Nachuntersuchungen nach einem festen, bewährten Standardschema erfolgen, sodass durch die Studienteilnahme zwei weitere Ambulanzbesuche notwendig sind.

Hier wird das erreichte Therapieergebnis und das Allgemeinbefinden durch den behandelnden Arzt, bzw. eine Doktorandin erfasst sowie entschieden, ob nochmals Physio- oder Ergotherapie erfolgen muss.

Wir stellen sicher, dass bei allen Patienten alle Untersuchungen und deren Ergebnisse in einer Studiendatenbank sehr genau dokumentiert werden. Gemäß internationaler Vorgaben (u.a. die Helsinki-Deklaration der Ärzteschaft, die Prinzipien Guter Klinischer Praxis, die Empfehlungen der Ethikkommissionen und der großen Fachzeitschriften) sind wir verpflichtet, hierfür Ihre schriftliche Zustimmung einzuholen.

Muss ich an der Studie teilnehmen?

Nein. Ihre Teilnahme geschieht auf freiwilliger Basis. Sie können Ihre Teilnahme jetzt oder auch zu jedem späteren Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen verweigern. Sie werden unabhängig von einer Studienteilnahme in unserer Klinik mit gleicher Qualität behandelt.

Was gehört zur Teilnahme an der Studie, wenn ich meine Einwilligung gebe?

Wenn Sie sich dazu entschließen, an der Studie teilzunehmen, werden wir Einzelheiten über Ihre Person, Ihre Erkrankung, die Bewegungsausmasse Ihrer Finger und die Ergebnisse der Kraftmessungen mit beiden Geräten radiologischen sowie den Therapieverlauf mit den Ergebnissen der Nachuntersuchung dokumentieren. Insgesamt wird Ihre Teilnahme an der Studie voraussichtlich sechs Monate dauern.

Sind Risiken mit der Studie verbunden?

In dieser Studie werden ausschließlich etablierte Diagnostik- und Therapieverfahren angewandt, die bisher nicht im Rahmen einer klinischen Studie im Hinblick auf ihre Wirksamkeit miteinander verglichen wurden. Alle häufigen, seltenen und denkbaren Komplikationen und Risiken sind gut bekannt und beschrieben.

Für die operative Therapie sind neben allgemeinen Narkoseereignissen insbesondere eingriffsbedingte Komplikationen (Nerven-, Gefäß-, Sehnen- und Weichteilschäden) sowie wundabhängige Komplikationen zu nennen.

Durch die Teilnahme an der Studie entstehen für den Patienten keine zusätzlichen Risiken und auch kein Nachteil bei der Behandlung.

Welche potenziellen Vorteile hat eine Studienteilnahme?

Ihre Vorteile sind aufgrund der Anwendung von Standardmethoden naturgemäß begrenzt. Es gibt Hinweise darauf, dass Patienten, die unter Studienbedingungen behandelt werden, bessere Behandlungsergebnisse zeigen als Patienten außerhalb klinischer Studien. Dies könnte mit der systematischen, intensiveren Beobachtung und der frühzeitigen Erkennung und Behandlung eventueller Komplikationen zusammenhängen.

Werden die in der Studie gesammelten Informationen vertraulich behandelt?

Ja. Alle Einzelheiten über Ihre Behandlung werden vertraulich behandelt. **Durch Ihre Unterschrift auf der Einwilligungserklärung erklären Sie sich damit einverstanden, dass der Studienarzt und seine Mitarbeiter Ihre personenbezogenen Daten zum Zweck der o.g.**

Studie erheben und verarbeiten dürfen. Personenbezogene Daten sind z.B. Ihr Geburtsdatum, Ihr Geschlecht, Ihre Rasse oder ethnische Zugehörigkeit, Daten zu Ihrer physischen und psychischen Gesundheit oder andere persönliche Daten, die während Ihrer Teilnahme an der Studie oder bei einer der Folgeuntersuchungen erhoben wurden. **Der Studienarzt wird Ihre personenbezogenen Daten für Zwecke der Verwaltung und Durchführung der Studie sowie für Zwecke der Forschung und statistischen Auswertung verwenden.**

Der Studienarzt versieht die Studiendaten mit einem Code (Pseudonymisierung der Daten). Auf diesen Codeschlüssel, der es erlaubt, die studienbezogenen Daten mit Ihnen in Verbindung zu bringen, haben nur der Studienarzt und seine Mitarbeiter Zugriff.

Die personenbezogenen Daten werden nach Erreichen des Studienziels, spätestens jedoch nach 10 Jahren gelöscht, soweit gesetzliche Vorgaben nicht längere Archivierungspflichten vorsehen.

Sie haben das Recht auf Auskunft über alle beim Studienarzt vorhandenen personenbezogenen Daten über Sie. Sie haben auch das Recht auf Berichtigung unrichtiger personenbezogener Daten. In diesen Fällen wenden Sie sich bitte an Ihren Studienarzt.

Erfahren andere Personen über meine Teilnahme an der Studie?

Mit Ihrer Einwilligung wird Ihr weiterbehandelnder Chirurg bzw. Hausarzt darüber informiert, dass Sie uns bei der Studie unterstützen.

Was passiert mit den Ergebnissen dieser Studie?

Die Ergebnisse werden ohne Bezug zu Ihrer Person in wissenschaftlichen Artikeln und Kongressberichten veröffentlicht. Erste Resultate sind etwa ein Jahr nach Einschluss aller Patienten zu erwarten. Auch bei der Präsentation der Ergebnisse werden keine Namen genannt. Röntgenbilder werden pseudonymisiert (s.o.). Es wird nicht möglich sein, Sie aus den gezeigten Informationen zu identifizieren. Falls Sie dies wünschen, können Sie eine Kopie der veröffentlichten Ergebnisse erhalten.

Wird die Teilnahme an dieser Studie vergütet?

Durch Ihre Teilnahme an dieser Studie entstehen Ihnen keine zusätzlichen Kosten außer den Fahrtkosten zur Nachuntersuchung.

Welche Versicherungsbestimmungen gelten für diese Studie?

Für Teilnahme an dieser Studie wurde keine gesonderte Versicherung für die Studienteilnehmer abgeschlossen. Es gelten die allgemeinen Haftungsbedingungen. Der behandelnde Studienarzt ist durch die Betriebshaftlichtversicherung gegen Haftungsansprüche, welche aus einem schuldhaften Verhalten resultieren können versichert.

Probleme, die Ihrer Meinung nach mit der klinischen Studie in Zusammenhang stehen, melden Sie bitte unverzüglich dem Prüfarzt.

Für Ihre Mithilfe sind wir Ihnen sehr dankbar und freuen uns auf die Zusammenarbeit!

.....

(Ort, Datum)

.....

(Name des/der aufklärenden Arztes/Ärztin)

9.6 DASH-Bogen

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.) ¹		2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
20. Mit Fortbewegungsmitteln zurecht zukommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

- Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
24. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

29. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1	2	3	4	5

30. Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
1	2	3	4	5

9.7 Messblatt Finger

Name:

Aktenzeichen:

Untersuchungstag:

☐ Rechtshänder ☐ Linkshänder

Messblatt Finger (nach der Neutral - 0 - Methode)

A. Streckung / Beugung

Daumen

Grundgelenk (Abb. 1 a)

Endgelenk (Abb. 1 b)

Rechts			Links		

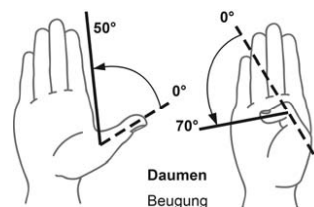


Abb. 1 a

Abb. 1 b

Ab spreizung (Winkel zwischen 1. und 2. Mittelhandknochen

in der Handebene (Abb. 2)

rechtwinklig zur Handebene (Abb. 3)

Rechts			Links		
0			0		
0			0		

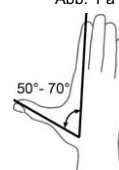


Abb. 2

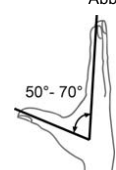


Abb. 3

B. Streckung / Beugung (Abb. 4 bis 6)

Langfinger

II. Grundgelenk Zeigefinger

II. Mittelgelenk Zeigefinger

II. Endgelenk Zeigefinger

Rechts			Links		



Streckung Grundgelenk

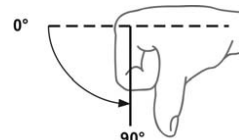
Abb. 4

III. Grundgelenk Mittelfinger

III. Mittelgelenk Mittelfinger

III. Endgelenk Mittelfinger

Rechts			Links		



Beugung Grundgelenk

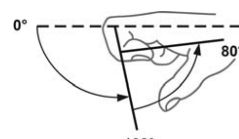
Abb. 5

IV. Grundgelenk Ringfinger

IV. Mittelgelenk Ringfinger

IV. Endgelenk Ringfinger

Rechts			Links		



Beugung Mittelgelenk Endgelenk

Abb. 6

V. Grundgelenk Kleiner Finger

V. Mittelgelenk Kleiner Finger

V. Endgelenk Kleiner Finger

Rechts			Links		

C. Abstand Fingerkuppen

von der queren
Hohlhandbeugefalte in cm
(Abb. 7)

von der verlängerten
Handrückenebene in cm
(Abb. 8)

Ankreuzen, welche
Langfingerkuppen mit der
Daumenspitze erreicht werden
können

II.	III.	IV.	V.	II.	III.	IV.	V.



Abb. 7



Abb. 8

F 4220 0816 Messblatt Finger

9.8 Untersuchungsbogen 1

Untersuchungsbogen Dupuytren präoperativ

Name

Geschlecht

Alter/Geburtsdatum

Begleiterkrankungen

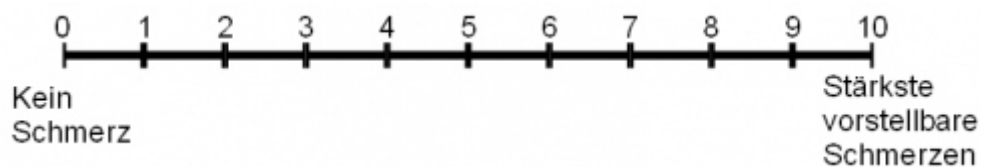
Beruf

Verlaufscharakteristik:

Wie viele Strahlen/Finger betroffen

Schmerzniveau:

VAS:



Schmerzmittelbedarf:

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

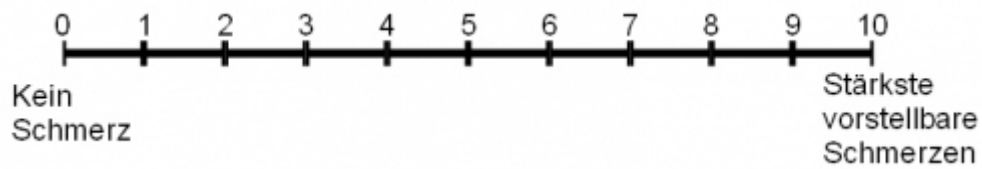
9.9 Untersuchungsbogen 2

Untersuchungsbogen Dupuytren 3 Monate postoperativ

Name

Schmerzniveau

VAS:



Schmerzmittelbedarf:

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

Subjektives Zufriedenheitsniveau

Kälteempfindlichkeit

Sensibilitätsstörungen

Anzahl Physiotherapie-Einheiten

Anzahl Ergotherapie-Einheiten

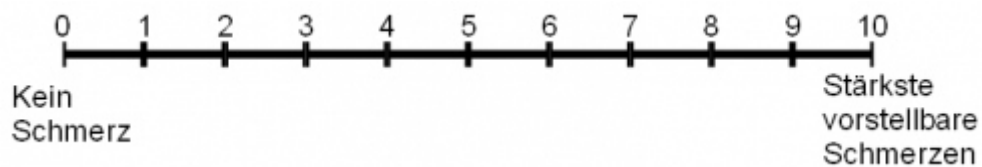
9.10 Untersuchungsbogen 3

Untersuchungsbogen Dupuytren 6 Monate postoperativ

Name

Schmerzniveau

VAS:



Schmerzmittelbedarf:

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

Kraft Jamar R kg L kg

Subjektives Zufriedenheitsniveau

Kälteempfindlichkeit

Sensibilitätsstörungen

Anzahl Physiotherapie-Einheiten

Anzahl Ergotherapie-Einheiten

10 Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben. Die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Dissertation ist in dieser Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

.....
Ort, Datum

.....
Angelina Garkisch

11 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname	Garkisch, Angelina Saphira
Geburtsdatum	13.06.1994
Geburtsort	Perleberg
Staatsangehörigkeit	Deutsch
Anschrift	Gramzower Mühle 2, 19348 Perleberg

Schulbildung

2013	Schulabschluss Allgemeine Hochschulreife
2007 – 2013	Gottfried-Arnold-Gymnasium Perleberg
2001 – 2007	Grundschule „Geschwister Scholl“ Perleberg

Studium

2013 – 2019	Studium der Humanmedizin, Universität Rostock
2019	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2018	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2015	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2013	TMS (Test für Medizinische Studiengänge)

Promotion

2016 – 2020	„Manographie bei Patienten mit Morbus Dupuytren vor und nach partieller Fasziektomie“ Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universität Rostock
-------------	---

Klinische Erfahrungen

Praktisches Jahr

2018 – 2019	• Chirurgie, Asklepios Westklinikum Hamburg (Orthopädie und Unfallchirurgie, Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie)
-------------	--

- Innere Medizin, Kaiser-Franz-Josef-Spital Wien
- Anästhesie, Universitätsmedizin Rostock

Famulaturen

- | | |
|------|---|
| 2018 | • Interventionelle und Diagnostische Radiologie,
Klinikum Südstadt, Rostock |
| 2017 | • Praxis für Handchirurgie und Plastische Chirurgie,
Dr. med. Lorenz Belusa, Rostock |
| | • Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
Universitätsmedizin Rostock |
| | • Chirurgische Praxis Dr. med. Thomas Telschow,
Perleberg |
| 2016 | • Pädiatrie, Gesundheitszentrum Wittenberge |
| | • Gastroenterologie, Universitätsmedizin Rostock |
| | • Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie,
Kreiskrankenhaus Prignitz, Perleberg |

Stipendien

- | | |
|------|---|
| 2019 | • „Tag der Studierenden“ auf dem Deutschen Kongress für
Orthopädie und Unfallchirurgie, Berlin |
| | • „Erasmus+“ Stipendium zum PJ-Aufenthalt in Wien |

Wahlpflichtfächer und Fortbildungen

- | | |
|-------------|--|
| 2018 | 68. Neuwerker Nahtkurs für minimalinvasive
Nahttechniken am Modell der Ärzteakademie Hamburg |
| 2017 – 2018 | EKG-Kurs, Universität Rostock |
| | Medical English Course Certificate |
| 2017 | Summer School Osteosynthesetechniken,
Universität Rostock |
| 2016 – 2017 | Plastische, rekonstruktive und orthopädische
Gesichtschirurgie, mikrochirurgische Techniken,
Universität Rostock |
| 2015 – 2016 | Transfusionsmedizin, Universität Rostock |

12 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier für die Möglichkeit der Promotion an der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsmedizin Rostock sowie für die wissenschaftliche und finanzielle Unterstützung dieser Dissertation.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. med. Alice Wichelhaus für die Vergabe dieses spannenden Dissertationsthemas und die hervorragende Betreuung. Sie hat mich in allen Phasen der Dissertation motiviert und unterstützt, eigenverantwortliches Arbeiten gefördert und durch ihre konstruktiven Hilfestellungen und schnellen Bearbeitungen meiner Entwürfe maßgeblich zu einem Gelingen der Arbeit beigetragen.

Frau PD Dr. rer. nat. Dagmar-Christiane Fischer danke ich herzlich für ihre stete Hilfsbereitschaft, Ideen und Anregungen sowie Organisation und Unterstützung insbesondere in der Anfangszeit der Studie.

Für die Bereitstellung des Manugraphie® Systems danke ich der Firma *novel* und insbesondere Herrn Dr. rer. nat. Axel Kalpen, welcher zu jeder Zeit mit Rat und Tat zu allen Fragen rund um das Manugraphie® System geduldig zur Seite stand.

Frau Anne Hornung aus dem Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung danke ich für die statistische Beratung.

Von Herzen danke ich meiner Familie und insbesondere meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht haben und mich zu jeder Zeit unterstützt, aufgebaut und an mich geglaubt haben.